



159

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

فكرة الزمان عبر التاريخ

مستشار التحرير: **كولن ولسون**

المشرف على التحرير: **جون جرانت**

ترجمة: **فؤاد كامل**

مراجعة: **شوقي جلال**



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

159

فكرة الزمان عبر التاريخ

مستشار التحرير: **كولن ولسون**

المشرف على التحرير: **جون جرانت**

ترجمة: **فؤاد كامل**

مراجعة: **شوقي جلال**



المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

ا تاريخ الزمان

قال الشاعر جون دن: John Donne «الكائنات ذوات الطبيعة الأدنى أسيرة الحاضر، أما الإنسان فكائن مستقبلي. قال «دن» هذا القول متمثلا لذهنه الاعتقاد المسيحي في المصير السماوي للإنسان؛ غير أنه أدرك الفارق الأساسى الذي يمايز بين الإنسان وبين الحيوانات الأخرى جميعها. من الناحية العملية: فالإنسان مفطور على حاستي الذاكرة والتوقع إذ أنه ينظم حياته داخل شبكة نسيجها الماضي والحاضر والمستقبل.

هذا الحس الزماني يرجع إلى الحضارات البدائية. فلقد توصل إنسان نياندرتال Neanderthal (حوالي 000 ,50 سنة قبل الميلاد) إلى دفن موتاه (وهو مالا يفعله حيوان آخر) مما يؤذن بأنه يفكر في نوع من الوجود المتصل لهؤلاء الراحلين. فكانت ضرورات الحياة المقبلة من طعام وأدوات وأسلحة- توضع إلى جوار الجسد عند الدفن ابتداء من العصر الحجري القديم (حوالي 000 ,35 سنة ق.م.) كما مارس الإنسان منذ أقدم العصور ديانات عبادة السلف. وفي الأساطير والطقوس سجلت الذاكرة الجماعية الكوارث الطبيعية كالهجرات والحروب وما شاكل ذلك. وقد تشكل الأحجار من

نوع المغليث الضخمة في أطلال ستونهنج(*) (التي بدأت حوالي 1900 ق. م) أداة حاسبة متقدمة للزمن. ويمثل أقدم النقوش الباقية للأحداث، وأعني به حجر بالرمو من مصر (2500 سنة قبل الميلاد تقريبا) تسجيلا منتظما لعهود الفراعنة وفيضانات النيل. من الجلي إذن أن هناك طابعا شاملا تتسم به الحاجة إلى الفرار من سجن الحاضر. ولتأمين الغذاء لا مندوحة للبشر عن التعلم من التجربة؛ وللحفاظ على التماسك الاجتماعي لابد لهم من توثيق الحاضر بالرجوع إلى التراث. كما ينبغي لهم أيضا أن يكونوا قادرين على استباق المستقبل والتحكم فيه. وتتطلب المهام الأساسية-مثل الحفاظ على النار-قدرا كبيرا من التدبر والروية. وشحذ الأدوات، وهي عملية تقتضي صبرا وطول أناة، تستلزم تخطيطا مسبقا. كما أن القرابين الدينية واسترضاء المعبود هي محاولات للوفاء بأسباب الفوز بالمستقبل. وفضلا عن. ذلك، فإن الخبرة اليومية بالولادة والحياة والموت، خاصة سر الموت ورهبته، قد حثت-بلا ريب-على الاعتقاد في عالم سحري ملئ بالأرواح ونفوس الموتى.

غير أن فكرتي الزمان والتاريخ ليستا أصيلتين في فطرة الإنسان. فالأطفال الرضع حديثو الولادة يعيشون في الحاضر وحده: إذ الماضي منسي والمستقبل لا سبيل إلى تصوره. وقد أوضح جان بياجي Jean Piaget عالم النفس المعروف-كيف أن الوعي بالتزامن والتعاقب هو استجابات يتعلمها الطفل في طفولته. كما أن الأفكار عن الزمان ليست عالمية أو موحدة. فلكل من اللغات المختلفة والحضارات المتباينة طرائقها المتمايزة تماما في تصوير الزمان. مثال ذلك لغة هنود أمريكا من قبائل الهوبي Hopi (المسالمين) التي تفتقر افتقارا واضحا إلى الصيغ الزمنية المتمايزة للدلالة على الماضي والحاضر والمستقبل، ولهذا يعيشون في حاضر لغوي دائم. والزمان بالنسبة لهم هو «ما يحدث عندما ينضج الذرة أو تكبر الماشية». بل إن لوحة بوتشيللي Botticelli المعجزات الثلاث للقديس زينوبيوس St Zenobius التي رسمها في

(*) المغليث كلمة ابتدعت في مطلع القرن 19 للإشارة إلى أحجار ضخمة استخدمت في عمارة ما قبل التاريخ، وبخاصة في غرب أوروبا خلال الألف الثانية ق. م. وستون هنج أطلال أثرية ترجع إلى ما قبل التاريخ موجودة في سهل سالزبوري في إنجلترا شيدت في مرحلتها الأولي في الحقبة الحجرية «المغليث» 1900-1700 ق. م من تكوينات دائرية لشرائح حجرية عمودية ضخمة. [المراجع.]

إيطاليا عصر النهضة-تصور لحظات ثلاث متعاقبة جميعا في الزمان علي مرحلة واحدة. وما تدل عليه هذه الأمثلة هو أن مفاهيم الإنسان عن الزمان لها تاريخ، وأن لها خصوصيتها المميزة حسب الحضارات. ووعينا بهذه الحقيقة هو بحق نتاج لإحساسنا الخاص بالتاريخ، وللحياة التي نحياها في عصر النسبية. إذن كيف نشأت وتطورت مفاهيم الإنسان عن الزمان؟



أطلال ستونهنج اشهر مثال في العالم لآثار من أحجار المغليث. والاعتقاد السائد أنها أقيمت لتكون أشبه بمرصد فلكي لرصد الاعتدالين والانقلابين وغير ذلك من أحداث هامة بالنسبة للتقويم السنوي.

الزمان الإنساني

وفي تضاد بارز مع الغرب الحديث، كانت سائر الحضارات الأخرى تقريبا في التاريخ-شأنها في ذلك شأن «العالم الثالث» الحالي-عبارة عن مجتمعات قبلية أو قروية صغيرة مندمجة متواجهة، معنية في المقام الأول بالصراع من أجل الظفر برزقها من الطبيعة. ولم تكن الصناعة الثقيلة أو التكنولوجيا المتقدمة أو الميكنة هي التي تتحكم في مسيرة مثل هذه الحضارات التقليدية، وإنما كان الميزان والإيقاع والمقياس لحياتها ميزانا



نصب حجري لشعب المايا أقيم عام 497 م وبخدم غرضين. الوجه المنحوت في الوسط يمثل إله السماء المتربع على فصول السنة الخمس التي يستهلها النصب، بينما تسجل النقوش الأخرى تواريخ وتنبؤات خاصة بأهم الأحداث.

إنسانيا (وهو بمعاييرنا بطيء جدا). في مثل هذه الحضارات (وإن أضحت محدودة للغاية في عصرنا هذا) تتحدد معاني الزمان أساسا حسب حاجات الإنسان.

وهكذا فإن غالبية المجتمعات لم تكن لديها أي فكرة ولو غامضة، بل و لم يكن لديها أي مقتضى لاستخدام نوع الزمان المقسم إلى «ساعات» بالصورة المطلقة الموحدة المطردة والذي نأخذه نحن مأخذ التسليم فلم تكن المجتمعات مبالية بالحصر الدقيق المنسق والمضبوط للزمان. ونادرا ما كان الناس في المجتمعات الريفية يشقون على أنفسهم يتذكر أعمارهم بدقة حسب عدد السنين. ولم يصبح تسجيل السن بالأرقام أمرا مهما إلا مع بداية عالمنا البيروقراطي ونظام القيد العام للمواليد والوفيات. وكذلك كانت المجتمعات التقليدية تؤرخ أحداثها المهمة في أغلب الأحيان بوضعها مقادير عشوائية تقريبية من الزمان في الماضي. ذلك لأن الدلالة الإنسانية للزمان تعني شيئا أكثر من مجرد الأرقام.

وعلى هذا النحو، كان إضفاء عمر مسرف في الطول على شخص ما (تذكر التوراة أن الآباء المؤسسين في الكتاب المقدس فيما قبل الطوفان تجاوزت أعمارهم 500 سنة) سمة بارزة على ما يتحلى به من حكمة سامية وقداسة وجلال. وبالمثل كان من الممكن قياس الزمان بمقاييس إنسانية، غير مطلقة. وكان سكان جزر تروبرياياند التي تقع على مبعدة من غينيا الجديدة، يؤرخون الأحداث بقولهم إنها وقعت «أثناء طفولة س»، أو«في السنة التي تزوج فيها ص». وميزت كثير من المجتمعات تاريخها بالسنة التي اعتلي فيها حكامها سدة الحكم. واعتاد الرومان حساب السنين ابتداء من تاريخ تأسيس مدينتهم. ولم يقسم الناس سنوات حياتهم حسب سنوات العمر التي عاشوها بل حسب المراحل البيولوجية لحياتهم ومكانتهم الاجتماعية: كأن يقال وقتما كنت طفلا أو شابا، أو وقتما كنت في سن الزواج أو رئيسا.

ومراحل الحياة يتم تمييزها بمراسم الانتقال من مرحلة إلى أخرى، كمرحلة المراهقة، والزواج، والحداد. ومن الممكن استخدام الجسم الإنساني لقياس معدل السرعة: كالنبض، والتنفس، و«في طرفة عين». وربما نظر إلى طول يوم من أيام العمل، أو طول رحلة ما، لا على أنه عدد محدد من

الساعات، بل على أنه المدة التي يشعر المرء بعدها، بالتعب.

مثل هذه الأساليب في تقسيم الوقت هي أساليب شخصية تخص الفرد. غير أنها محكومة أيضا حكما قويا من الناحية الاجتماعية. ذلك لأن الزمان يحمل دلالات اجتماعية. فالرجل يتقدم به العمر ويغدو شيخا مؤهلا لصنع القرار وتفسير القانون. والقانون نفسه يعد حسنا لأنه قديم. وللسنة إيقاعاتها الاجتماعية. وتتحدد معالم الوقت في ضوء الاحتفالات والطقوس والأعياد ومواسم الصوم، وهذه المناسبات هي التي تقوم بتعليم المجتمع وتذكيره وتوثق روابطه في دورة عمله، وتحدد له مواسم بذر الحبوب، والحصاد، والصيد، والهجرة.. إلخ. وللمجتمعات الزراعية أيام سعد وأيام نحس. (ومن إحدى عادات تطيرنا الباقية أن يوم الجمعة الثالث عشر يوم شؤم). ويؤمن أبناء العقيدة المسيحية الكاثوليكية أن أعياد القديسين التي تحل في فترات غير منتظمة تكرس الخبرة بشأن عام شعائري يجري الاحتفاء به اجتماعيا. وعلى هذا النحو أيضا تضفي الأسرار المقدسة للكنائس المسيحية معنى دينيا علي مراحل الحياة من المهد (التعميد) إلى اللحد (مسح المحتضر بالزيت ثم الدفن). وأعمار الإنسان السبعة التي تحدث عنها جاك في مسرحية شكسبير «كما تهواه» إنما تعبر في صيغة دنيوية-عن هذا المقياس الكيفي، لا الكمي-لمسيرة أيام العمر.

وبالطبع، يتعين على الإيقاعات الشخصية والاجتماعية للمجتمعات التقليدية-أن تتعاشق مع الزمان الطبيعي («الزمان الايكولوجي»). ولكي نضرب مثلا واضحا على ذلك، تنظر المجتمعات الريفية إلى الزمن الممتد بين الفجر والغسق على أنه حاسم. ولهذا السبب وضع الرومان نظاما «للساعات الوقتية»، يتضمن فئة خاصة لساعات النهار محددة العدد (12 ساعة في العادة)، وفئة أخرى متميزة لساعات الظلام هي «الساعات الليلية». وكانت الساعات الوقتية أطول في الصيف منها في الشتاء، والساعات الليلية أطول في الشتاء منها في الصيف. ولا تتساوى ساعات النهار وساعات الليل من حيث الطول إلا في الاعتدالين (الربيعي والخريفي).

وتعاقب الفصول له نفس الدرجة من الأهمية. وطبيعي أن ماهية الفصول، تجربة تتباين (على سبيل المثال) عند الأوروبيين سكان المنطقة المعتدلة (الربيع، والصيف، والخريف، والشتاء)، عنها عند الإسكيمو (الذين يعدون

خمسة فصول في السنة) أو عند قبائل النوير في جنوب الصحراء الأفريقية الذين يقسمون السنة إلى فصلين رئيسيين، فصل المطر وفصل الجفاف؛ أو عند الهنود الأمريكيين المعروفون باسم سكان منحدرات النهر(*1) الذين يشيرون في لغتهم إلي ستة فصول. والحضارات التي تعيش وثيقة الصلة بالطبيعة تستخدم تلقائيا ظواهر الطبيعة بوصفها تقويما Calendar للآماد الطويلة من الزمان. والشهر هو بالطبع مقياس لدورة القمر؛ والسنة مقياس لدورة الشمس.

واتسمت بعض التقاويم بشدة التعقيد. مثال ذلك نظام عند شعب المايا في أمريكا الوسطي والذي استحدث منذ أكثر من ألف سنة خلت-كان-من وجوه عدة-أضبط وأدق من التقويم الجريجوري الحديث.

ولقد خدمت التقاويم أغراضا عملية، كما هو الحال في الزراعة. وهي تزامن أيضا الطقوس الدينية التي تعد هي نفسها مرآة لتعاقب دورات النظام الكوني. ولهذا نجد حضارات كثيرة تؤدي شعائر مولد الشمس من جديد وقت الانقلاب الشتوي (الذي تخلد ذكراه الحضارة الأوروبية بتحديد عيد الميلاد في يوم 25 ديسمبر). واعتاد البابليون الاحتفال أياما طويلة بأعياد العام الجديد عند حلول الاعتدال الربيعي حيث يعاد فيه تمثيل دراما الخلق. وكذلك أفادت التقاويم أغراضا تتعلق بالسحر والتنجيم. إذ اعتقد الناس، وبخاصة عندما الهوا الأجرام السماوية-أن هذه الأجرام لها سلطانها في فترات معينة علي الشئون الأرضية. وتخيل شعب المايا أن آلهته يتناوبون في تحريك مسيرة الزمان، بحيث يمارس كل منهم سلطته خلال قيامه بنوبته. ولنقارن بين مواقع أبراج النجوم الأثني عشر المعروفة في حضارة البحر الأبيض المتوسط، أو ارتباط أياما لأسبوع السبعة بالكواكب السبعة التي لا نزال نخلد ذكراها في الأسماء التي خلعناها عليها Saturday السبت عيد زحل Saturn أو ساتورن إله الزراعة؛ (والأحد) Sun Day (عيد الشمس)؛ و (الاثنين) Moon Day (عيد القمر، وهلم جرا). ودورة هذه الأبراج

(*1) الهنود الأمريكيون سكان منحدرات نهر سانت ماري المعروفون باسم سكان منحدرات النهر؛ Saulteux وهي منطقة عند الحدود الفاصلة بين كندا والولايات المتحدة على الضفتين الشمالية والجنوبية من النهر الذي ينبع من بحيرة سوبيريور في كندا ويصب في بحيرة هورون. والمسافة بين البحيرتين تمثل منطقة منحدرات شديدة لقنوات مائية. وأول من زارها المستكشفون الفرنسيون في القرن 17 وتجار الفراء والإرساليات الدينية (المراجع).

تحدد أقدار الناس.

صفوة القول إن الزمان كما تصورته معظم مجتمعات العالم (والتاريخ القريب لمدنيتنا هو الاستثناء الواضح) يتصف بخاصيتين رئيسيتين:

أ- أنه كان قياسا للعمر، ومدة البقاء، والعمليات الجارية استنادا إلى المعيار الإنساني، ومن ثم كان نسبيا. وكانت عبارات مثل: «أكبر من» أو صغير جدا»، «والمرة الأولي» أو «النهاية» أهم كثيرا من الحسابات المطلقة للأعمار. أما قبل وبعد، أو«في الوقت المناسب» فهي أبلغ من ذكر الساعة المحددة. أن يحين الوقت بدلا من الوقت المناسب تماما.

ب- الزمان بوصفه تجربة يتميز في جوهره بالتواتر والتكرار. فهو ينطوي علي دورات متعاقبة للأحداث، للميلاد والموت، وللنمو والانحلال، بحيث بعكس دورات الشمس والقمر والفصول. والوقت المناسب لأداء الأشياء يأتي مرة تلو الأخرى علي فترات منتظمة.

الفناء والخلود

تبلورت هذه الخبرات في ديانات العالم وفلسفاته الكبرى. والحق أن الدين نفسه استجابة للغز الزمان الأساسي: افتقار الإنسان إلى الأمن حين يحيا في الحاضر، واعيا بأبعاد الماضي والحاضر السحيقة للكون التي لا يملك سلطانا مباشرا عليها، والمملوء بالخوف من الموت والفناء الظاهري. والحل الذي تقدمه معظم الأديان هو التأكيد على نمط للوجود يتنصف بالخلود والتعالي والأبدية، بغير بداية ولا نهاية، مبرئا من الأخطار، ومنزها عن التغيير الذي لا معني له: مستقر الآلهة، أو النرفانا البوذية.

غير أن الدين يعمد أيضا إلى إدماج الحاضر الأرضي والطبيعي والإنساني في الماضي والمستقبل. وهكذا يصبح سباق الزمان الذي يجري هنا والآن-جزءا من ناموس أعلى لتجدد الحياة تجددا مستمرا لا نهاية له. ويتم التغلب على خطر الانحلال في فكرة دورات الزمان التي لا نهاية لها، حيث لا يضيع أي شيء أو يتبدد أبدا، وإنما يتشكل كل شيء ويولد من جديد. وهكذا اعتقدت حضارة شعب المايا أن الزمان يكرر نفسه في دورات كل 260 من السنين. وتتوالى الأحداث ذات الدلالة وفق خطة مقدرة مسبقا. وتؤمن العقيدة الهندية بما يسمي الماهايوجا، أي «السنة الطويلة» ومدتها

12,000 سنة، وهي وحدة الدورة التي يكرر بعدها الزمان نفسه.

وتذهب بعض الديانات إلى أن الزمان دورة تعود مجددا إلى ما لا نهاية ولا تفني أبدا-تكفل الميلاد الجديد وحياة المستقبل على الأرض ولعل هذا هو السبب الذي يفسر لماذا كان إنسان العصر الحجري القديم يدفن عادة في وضع الجنين: فربما كان يوضع في هذا الوضع الجنيني في رحم أمنا الأرض انتظارا لميلاد جديد. والاعتقاد في تناسخ الأرواح من المعتقدات الرئيسية في الديانة الهندوكية-مثلما كان في الفلسفة الفيثاغورية. والأكثر من ذلك شيوعا، أن تكون الوظيفة الجوهرية للدين هي التغلب على خطر الفناء وضروب القلق التي يثيرها الحاضر وذلك باستيعاب الإنسان الدنس داخل العمليات اللامتناهية التي تجري في كون مقدس. وهكذا تصبح القرارات الشخصية والاجتماعية (مثل عقد زواج، أو الخروج للصيد) أمورا خيرة بملاءمتها، عن طريق الطقوس والشعائر، مع الممارسة المقدسة للأسلاف والطبيعة والآلهة. وتصير الحياة (على حد تعبير مرسيا إيلياد Mircea Eliad عالمة الأنثروبولوجيا الثقافية «التكرار الذي لا ينقطع لحركات ابتدرها آخرون». أو كما يقرر النص الهندوكي: «علينا أن نتأسى بالآلهة ونفعل ما فعلوه في البدء» وهكذا تحتفل الطقوس الدينية بالعام الجديد بأن تقوم بإعادة تمثيل عملية الخلق. وثمة احتفالات أخري تعرض انتصار الشمس على الظلام، أو سقوط الأمطار، أو انتصار النهار على الليل. ومراسم الزواج تمثل اقتران السماء والأرض. وأداء دورة من الشعائر التي تتكرر بدقة كل عام، تجعل الإنسان يتناغم مع الكون ويتغلب على ما أسمته إيلياد «رعب التاريخ». وعلى هذا النحو كان المصريون يلتزمون بشعائر عند دفن موتاهم وذلك بوضع صور الإله أوزوريس (الذي تروى أساطيرهم أنه مات وبعث مرة أخري من الموت)، وكأنهم بذلك يضمون لموتاهم حياة الآخرة. وتقضي الشعائر بتلقين المتوفي هذه الكلمات: «أنا الأمس، واليوم، والغد.» ويواصل التقويم المسيحي سنويا إقامة شعائر الاحتفال بميلاد المسيح وآلامه وموته وبعثه. والقربان المقدس في المسيحية محاكاة متجددة للعشاء الأخير.

وهكذا يتغلب الدين على صدمات الحياة التي تقع في الزمان وذلك بأن بنسبها إلى ملكوت زمان لا نهاية له، حيث لا يشكل انقضاء الزمان خطرا لأنه دوري. وبذا يتواءم عالم الحاضر الدنس مع عالم الأبدية المقدس.

ولم تكن الفلسفة القديمة دون ذلك اهتماما في مواجهتها لمشكلة الزمان. فقد حاول كثير من فلاسفة شرق البحر المتوسط تقديم تفسيرات عقلانية للخبرة العادية بالزمان بوصفها تكرارا وتواترا. وعلى حد تعبير أرسطو، «الزمان نفسه نفكر فيه على أنه دائرة». وشاعت مثل هذه الفكرة بين الرومان أيضا، شيوعها بين الإغريق. وهكذا يري سنيكا، Senec «أن الأشياء جميعا تترابط في نوع من الدائرة. الليل يأتي في أعقاب النهار، والنهار في أعقاب الليل؛ والصيف ينتهي ليحل الخريف، ويأتي الشتاء متعجلا عقب الخريف، ويرق الشتاء ليغدو الربيع... وعلى هذا النحو تمضى الطبيعة كلها، لتعود من جديد» وقبل ذلك بأربعمائة سنة تقريبا، كان أفلاطون يعتقد أن تعاقب السنين مهيأ لتكرار نفسه على مدى فترة محددة هي السنة العظمي التي ستدوم 36000 سنة شمسية. وذهب الفلاسفة الفيثاغوريون بالمثل إلى أن «كل شيء سوف يعود في نهاية الأمر إلى النظام العددي نفسه»، وتساءل أتباع أرسطو من خلال تأملهم لهذا النظام من العودة الأبدية عما إذا كان باريس سيختطف مرة أخري هيلين ويشعل حرب طروادة ثانية.

وهذا النظر إلى الزمان بوصفه دائرة دمر التهديد الذي وضعه الزمان المدمر. وواجهت الفلسفة الكلاسيكية بقلق عميق مسألة مرور الوقت والأحداث يوميا. فإن مفكرين مثل هرقليطس Heraclitus لم يروا في عالم زمان اللحظة، هنا والآن، غير عماء فارغ من المعنى وسيلان دافق محموم. الزمان يقتضي التغير، والتغير يعني الفساد والانحلال. ولهذا اعتقد الشاعر هزيود Hesiod أن الإنسان عاش في عصر ذهبي مبارك، عندما كانت الأرض سخية في عطائها، والحياة أيسر، والناس أنقياء أطهار، وليسوا في حاجة إلى الكدح. ومنذ تلك الأيام، تفشى الفساد في المجتمع فانحدر إلى عصر فضي ليصل إلى عصر حديدي. واعتقد أفلاطون أن الحكومة تمر خلال انحلال محتوم من حكم الملوك الفلاسفة إلى الطغيان. ولم ير المؤرخ بوليبيوس

(*2) تروي الأساطير الإغريقية أن باريس، ويسمى أيضا الكسندر، هو الابن الثاني للأب بريام والأم هيكوبا. وقبل ميلاده رأت الأم في الحلم أنها أنجبت جمرة انتشر لهيبها ليغطي المدينة. وتولي تربيته راع وسماه باريس. وبعد أن شب وكبر سمي حامي حمى البشر. أحب هيلين أجمل الجميلات واختطفها من زوجها بعد معارك ومناورات. وأدي ذلك إلى اشتعال حرب طروادة التي دامت عشر سنوات. وقد حكي وقائعها هوميروس في ملحمته الإلياذة (المراجع).

Polybius في السياسة سوي أنها حلقة خبيثة من الثورات والاضطرابات التي لا نهاية لها.

واهتدت الفلسفة الكلاسيكية إلى علاجين للتغير والانحلال: أحدهما هو تصور الزمان دورة لا نهاية لها، لأن الدائرة تتصف بالكمال. والدائرة تعود إلى نقطة بدايتها، فليس لها «أطراف محلولة» تنتهي عندها. وهي بهذا تلغي مشكلات البداية والنهاية للأشياء جميعا بأن تسلم بالديمومة اللانهائية للكون. والعلاج الآخر هو افتراض مستوى من الواقع يتمتع بمناعة ضد التغير: هو عالم الأبدية. هذا هو مستوى التعالي الذي لا تمسه مادة العالم، عالم المثل. وفي رؤية الفيثاغوريين وأفلاطون أن الواقع الأسمى يتألف من صور مثالية (لا زمانية، وإن يكن من الممكن تصورها مكانيا)، مثل مثال الخير أو مثال الهندسة الكاملة. ولأن هذا العالم الفكري لا زماني تحديدا (وبالتالي لا يعتوره التغيير) فإنه من الممكن أن يعرف. إن عالم الزمان هو على أفضل الحالات محاكاة هزيلة، أو بديل عن هذه الأبدية المثالية-أو على حد تعبير أفلاطون الموحي، ليس أكثر من «الصورة المتحركة للأبدية»، وهو يعني بكلمة «متحركة» أنها «ناقصة».

الله والزمان: اليهودية والمسيحية

ثقافتنا مشحونة بآراء عن الزمان بوصفه دائريا، وعن التغيير بوصفه انحلالا تشهد على ذلك فكرة عجلة الحظ، أو قيام المدنيات وسقوطها، أو الالتباسات التي تكتنف كلمة «ثورة». غير أن رؤيتنا للزمان تشكلت أساسا بذلك الاستثناء المذهل إلى أقصى حد ألا وهو الرأي القائل بأن الزمان تعاقب أبدي: وهذه وجهة نظر اليهود والتي استوعبتها المسيحية وطورتها. فاليهود من خلال تاريخهم الطويل من المحن والنفي والاضطهاد، طوروا عقيدتهم التي تؤمن بالإله يهوه-الإله الفريد، الشخصي، المسيطر الذي له الهيمنة الكاملة على كل آلهة الطبيعة التي اختلقتها القبائل الأخرى. وكان اليهود هم شعبه المختار. ومنذ ذلك الحين، رأت العقيدة اليهودية على نحو استثنائي فريد-ومن بعدها المسيحية-الله على أنه خالق الكون *بأسره*. وكما تقول الآية الأولى في الفقرة الأولى من سفر التكوين: «في البدء خلق الله السموات والأرض» (وهي التي فسرت فيما بعد على أنها تعني «خلق من

العدم»). وفضلا عن ذلك، فإن الإله الخالق للكون هو أيضا من يقوم بتدميره، أو بتحويله. وكما تتنبأ الفقرات الأخيرة من السفر الأخير في الكتاب المقدس، سفر الرؤيا: «ثم رأيت سماء جديدة وأرضا جديدة، لأن السماء الأولى والأرض الأولى مضتا»؛ إذ يقول الله: «أنا هو الألف والياء، البداية والنهاية، الأول والآخر».

وهكذا لم يعد الزمان مؤلها. ولم تعد دورات الزمان هي التي تضع النموذج والمقياس للحياة والطبيعة. وأسقط الزمان نفسه عن عرشه، فأصبح الآن مخلوقا خلقه الله. بات الزمان متناهيا والله هو اللامتناهي. ومن ثم لم يعد الزمان هو الله. وعلى حد تعبير القديس أغسطين: «الله السرمدي الصمد خلق العالم في الزمان»، «وجاء خلق العالم مع الزمان وليس في الزمان». ومع أن الأبدية أصبحت سرا، إلا أن الزمان نفسه فقد ما كان ينطوي عليه من خطر وكما شرح سير توماس براون Sir Thomas Browne في كتابه: «الشفاء الديني» :Religio 1635(Mediei) «نستطيع أن نفهم الزمان؛ لأنه لا يكبرنا إلا بخمسة أيام».

والاعتقاد بأن الله هو الذي خلق الزمان أحدث ثورة في فهم الزمان نفسه. فلم يعد الزمان بلا نهاية، دورات متكررة من الحوادث، بل أصبح أحادى البعد مطردا، متتابعا، فريدا، لا رجعة له. وأضحى الزمان غائيا Teleological. وقدر الإنسان-مسيرة الحاج قدما نحو غاية مقدسة-قضى بها الله بسابق مشيئته وكشفت عنها النبوءة مقدما. «ثمة خط مستقيم يحدد مسيرة البشرية منذ الخطيئة الأولى إلى التوبة النهائية.» ولقدمات المسيح فداء لخطايا الإنسان. وإن فكرة وجود دورة لا نهاية لها لتكفير المسيح عن خطايا الإنسان مرة تلو أخري-بدت مسرفة في الغرابة. وأصبح من الممكن داخل إطار المسيحية-واليهودية قيام مقياس للزمان المطلق، نظرا لإمكانية إحصاء السنين ابتداء من الخلق. وما التاريخ إلا تدبير الله يتحقق على مدي الزمان، أو قل مشيئة الله في العالم. ويقول جون دن: «نحن ننظر إلى الله في التاريخ، أو ننظر في الواقع إلى الأشياء التي صنعت، ووضعت تحت أعيننا؛ ومن ثم فإن ذلك الجلال الإلهي، وتلك الدهشة المقدسة تعني بالنسبة لنا أكثر مما كانت تعنيه بالنسبة إلى أي دين آخر.» ومن الممكن أن نتقصى خط السلالة الكامل ابتداء من الإنسان الأول الذي هو آدم، حتى

الجيل الحاضر. ذلك أن خطيئة آدم انتقلت إليهم جميعا.

ومن الممكن أن ننظر إلى الزمان بوصفه سلسلة من المراحل، تبدأ من الخلق حتى تبلغ النهاية التي تم التنبؤ بها للعالم، عندما يصبح الخلاص هو جواب المسيحية على «رعب التاريخ». وقد أحصى القديس أغسطين عصورا ستة تتضمن الحاضر الذي وصل إليه، وتمثل-على نحو رمزي-أيام الخلق الستة كما يسجلها سفر التكوين وهي: 1- من آدم إلى نوح، 2- من نوح إلى إبراهيم، 3- من إبراهيم إلى داود، 4- الأسر البابلي، 5- من الأسر البابلي إلى تجسد المسيح، و 6- من التجسد إلى العصر الحاضر. وسيأتي عصر سابع، هو عصر راحة الإنسان السماوية مع الله (الذي يرمز إليه اليوم السابع من أيام الخلق).

هذا التقدم الخطي يمكن أن يأخذ شكلا عدديا. إذ يبلغ مجموع العصور الستة حوالي ستة آلاف سنة (يقرر المزمور التسعون أن اليوم عند الله بألف دورة من العصور). ومن ثم، فإن الله قضى بأن تكون نهاية العالم الراهن بعد ستة آلاف سنة منذ بداية الخلق ولكن الخلاف يدور حول ما إذا كانت هذه الواقعة هي أوروشليم جديدة، أم المجيء الثاني للمسيح أم يوم القيامة نفسه). وتاريخ المسيحية حافل بالمزاعم التي تضع تاريخا للتدخل الإلهي. وكانت سنة 500 بعد الميلاد هي أول سنة مرجحة. ثم ما يسمى السنة الألفية أي سنة 1000 بعد الميلاد. وتنبأ الراهب يواقيم الفيوري Yoachim of Fiore (1132تقريبا-1202) بسنة 1260؛ وذهب كثير من أصحاب مذهب التطهر الإنجليز إلى أن 1666 هي السنة الألفية. وعلى الرغم من إخفاق هذه التنبؤات، فإن هذه النظرة التي تقوم أساسا على التوجه الخطى المطرد شكلت إدراك الزمان في المدنية المسيحية منذ ذلك التاريخ. والعهد الجديد يقتفي أثر العهد القديم. فنحن نقوم بتقسيم زماننا إلى ما قبل المسيح وإلى ما بعده.

ولقد استنكر المسيحيون دائما العالم-في-الزمان الذي يتعارض مع عالم الأبدية. فالعالم-في-الزمان ينطوي علي الموت والفناء والغرور الأجوف وصخب البشر المتكالبين وفي العصر الوسيط كان فن الأيقونات يمثل الموت في صورة شخص حاملا ساعة رملية. فالموت أداة الفناء ويصور أيضا آله الزمان حاملا منجل الدمار. وتحمل الساعات القديمة نقوشا لعبارات مثل:

«الزمان يطير» (Tempus Fugit)، «الموت حق والحياة وهم» (Mors certa, Hora-in certa)؛ «كل ساعة تمضي تحمل الفناء لك»، أو بعد ذلك، «الزمان والمد لا ينتظران أحدا». وهكذا كان ينظر إلى الموت على أنه عامل خراب. وكتب شكسبير عن «الزمان الذي أسئ تشكيله» و «الزمان الطاغية الملعون» و «يد الزمان المؤذية». وما الحياة إلا «ألعوبة الزمان» وكثير من سونيتاته تعبر عن الصراع ضد الزمان وآثاره المدمرة وهو اتجاه دعمه الاعتقاد السائد في عصر النهضة بأن نهاية الحياة الدنيا باتت وشيكة. وتنبأ لوثر بأن «العالم سيهلك عن قريب؛ ويوم القيامة على الأبواب، واعتقد أن العالم لن يدوم مائة عام». هذه الآراء ظلت أصداؤها تتردد طيلة قرن من الزمان فيما بعد على لسان سيرتوماس براون: «العالم يقترب من نهايته.»

والاعتقاد المسيحي بأن الزمان قصير أسام الروح سوء العذاب. وهكذا أهاب أندرو مارفل Andro Marvell «بعشيقته الحيية:

لو أن لنا من الدنيا والزمان ما يكفي
لما عد هذا الحياء جريمة.

وكم كان يطيب له أن يغازلها على مهل، ولكنه لا يجرؤ على ذلك لأنه:

... أسمع دائما وراء ظهري
مركبة الزمان المجنحة تسرع عن كثب؛
وهناك تمتد أمامنا
قفار الأبدية الشاسعة
- أي الموت. والآن
اللحد مكان هادئ منعزل،
ولكني لا أظن أحدا يتعانق هناك.

ولأن الزمان عابر على هذا النحو، ينصح الشاعر هيريك في شيء من الابتهاج: «اقطف براعم الورد عندما يتاح لك ذلك.» غير أن كتابا مسيحيين آخرين كانوا يجدون العالم-في-الزمان باعثا على الغثيان والضجر. وهكذا يقول وليم بليك:

وأسفاه، يا زهرة عباد الشمس!
التي أضجرك الزمان،
يا من تعدين خطوات الشمس،

باحثة عن ذلك المناخ الذهبي العذب
حيث ينتهي المطاف برحلة المسافر،
وحيث الشاب الذي أذبلته الشهوة
والعذراء الشاحبة المكفنة بالجليد
يقومان من لحديهما، ويتطلعان
إلى حيث ترغب زهرتي، عابدة الشمس، أن تمضي

لا عجب إذن أن النعيم الذي كان يسعى إليه المتصوفة المسيحيون هو محو الزمان الأرضي. وكما صاغ هذا المعني في أواخر العصر الوسيط المتصوف مايستر إلهارت إذ يقول: «ليست هناك عقبة في سبيل الاتحاد بالله أكبر من الزمان». ومن ثم، امتلك المسيحيون حلا مختلفا عن الحل الذي كان لدي الوثنيين في مواجهة رعب التاريخ»، غير أنهم لم يكونوا أكثر منهم اطمئنانا لحياة الإنسان الوجودية في الزمان.

الزمان بوصفه تاريخا

كل المجتمعات لديها تصور ما عن زمن مضى، وعن أسلافهم. وهذا التصور يمكن أن يتخذ أشكالا عديدة: قوائم الأسرات الحاكمة؛ أنساب الملوك، وسلالات النبلاء؛ الحوليات التي تسجل الأحداث عاما إثر عام؟؛ الآثار التي تحتفل بالانتصارات العظيمة؛ الأساطير، والكتابات التاريخية التي تروي الأحداث وفقا لتسلسلها الزمني والحكايات الملحمية عن الأبطال والأسلاف («في سالف العصر والأوان...») أو القصص الدينية عن أصول النشأة مُأَوَّلة بوصفها أعمال الآلهة. ذلك أن المجتمعات في حاجة إلى مثل هذه «التواريخ المتداولة». فهي تضفي المعنى على الحاضر بالرجوع إلى الماضي؛ كما أنها تظاهر سلطة الحكام التقليدية، وتحدد الهوية القبلية أو الوطنية؛ وتؤسس ما هو خير في السنن الأخلاقية، أو القانون أو الشريعة الدينية بالرجوع إلى ما يقدسه الزمان.

غير أن هذا بعيد كل البعد عن معنى التاريخ عندنا الآن. إذ نري أن الذكريات والأساطير في معظم الحضارات تفسد وتشوه التسلسل الزمني الدقيق. فهي تسلم بما لديها من شواهد دون نقد أو تمحيص. كما أنها تخلط الأسطورة بالتاريخ، والبشر بالآلهة والأبطال، والواقع بالخيال،

والحقيقة بالمأثور الأدبي. وليس في هذا ما يبعث على الدهشة، إذ أن معظم المجتمعات لا تمتلك-إن امتلكت على الإطلاق-سوى النادر من الوثائق المكتوبة والسجلات الموضوعية الموثقة عن ماضيها. والماضي يعزز الحاضر، بدلا من أن يكون موضوعا للبحث النزيه المجرد عن الهوى. ولأن معظم المجتمعات مستقره راكدة ومحافظة بصورة مسرفة فإن الماضي يميل إلى الاندماج في الحاضر ليصنعا معا نوعا من السديم مختلطا. وبذلك يفقد الماضي كيانه وهويته المتميزة.

ما أقل ما يعرفه حتى اليونانيون عن تاريخهم الخاص! فللإغريق ذكرياتهم القصيرة المحدودة. حتى أحداث حرب طروادة (حوالي 1250 سنة قبل الميلاد) لم يتناولها البحث التاريخي، بل كانت مجرد موضوع للأساطير والروايات، مثلما نجدها عند هوميروس. وأفضل تاريخ إغريقي، مثل تاريخ ثوكيديدس Thucydides للحرب البيلو بونيزية-كان تاريخا معاصرا. وينطبق هذا القول أيضا على المؤرخين الرومان من أمثال قيصر وسالوست Sallust وتاسيتوس-Tac itus. وعلى العكس من ذلك، كان تاريخ ليفي Livy عن روما يفتقر إلى الوثائق الخاصة بالأعوام المبكرة من تاريخ المدينة؛ ولم يفعل أكثر من أنه نقل الأساطير السياسية والأحكام المتحيزة عن الجمهورية السابقة. وعلى أي حال، كان هدف الغالبية العظمى من المؤرخين في العالم اليوناني-الروماني هو تعليم السياسة بضرب الأمثلة الواقعية. ولما كان المؤرخون من أمثال بوليبيوس يعتقدون أن المجتمع الإنساني يتحرك في دورات وأن الطبيعة الإنسانية ثابتة، فقد لجأوا إلى الماضي لاستخلاص الدروس من أجل الحاضر.

وفي المسيحية، فإن الاعتقاد بأن مسيرة المصير الإنساني منذ الخلق وحتى يوم قيام الساعة هي تدبير إلهي مسبق قد أضفى أهمية خاصة على التاريخ، إذ يحتل كل فعل إنساني مكانه الذي قضت به العناية الإلهية في الجدول الزمني الإلهي. غير أن التاريخ المسيحي ظل-خلال العصر الوسيط-معنيا بالمعجزات والخوارق وإن عرض التاريخ لبيان أن الله بكلمته بارك المؤمنين الأطهار وعاقب الكفار إنما أفاد بذلك أغراضا تهذيبية خاصة عند كتابة سير القديسين(Hagiograohy) وهنا كانت المستويات الهابطة من المعرفة المدرسية مقترنة بمستويات عليا من الإيمان.

وتضرب جذور المفهوم الحديث للتاريخ في عصر النهضة والإصلاح. ذلك أن إعادة كشف المخطوطات خلال عصر النهضة أخرجت إلى النور بينة جديدة وأسهمت الطباعة في جعلها يسيرة المنال. وطرأ التحسن على البحث الأكاديمي. ووضعت مناهج نقدية جديدة مثل الأساليب الفنية في علم اللغة (Philology) والدبلوماسية (علم التقاليد الرسمية) لتأريخ الوثائق والتحقق من صحتها. واستخدم علماء عصر النهضة من أمثال لورنزو فالا Lorenzo Valla هذه الأدوات لفضح مواطن الزيف التي ارتكبتها بابوية العصر الوسيط. كما أصبحت طرق تناول ودراسة التاريخ أكثر دنيوية؛ وأصبح البحث عن الأسباب الإنسانية له الصدارة دون فكرة التدخل الإلهي.

غير أن الباحثين الأوروبيين بدأوا-فضلا عن هذا كله-يدركون لأول مرة كيف كانت أزمانهم متميزة عن الأيام السابقة. وأكبر رجال عصر النهضة مجتمعات الإغريق والرومان القديمة، وراودهم الأمل في محاكاتها: غير أنهم كلما توغلوا في دراسة تلك الحضارات، وجدوا أنها غير قابلة للمحاكاة أساسا. ذلك أن أوروبا الحديثة كانت تمتلك مزايا تكنولوجية لم تكن معروفة حينذاك، كالطباعة والبارود والبوصلة. وابتداء من 1492 عرف المجتمع الحديث القارة الجديدة، وأعني بها أمريكا. وبالمثل، وجد رجال عصر النهضة أن المجتمع الحديث يختلف من حيث مبادئه القانونية اختلافا أساسيا عن الإمبراطورية الرومانية التي يحكمها قانون جوستينيان Justinian Code وهكذا تناول القانون الروماني بتوسع شديد مسألة العبودية التي لم تكن معروفة لأوروبا القرن السادس عشر، ولكنه لم يتعرض بشيء للملكيات الإقطاعية والصفقات التجارية الشائعة في الاقتصاد الحديث. كما أن البروتستانت الأوائل وجدوا العبادات التي يمارسها المسيحيون المعاصرون مختلفة أشد الاختلاف عن عبادة الكنائس المسيحية الأولى.

واكتشاف هذه الفوارق الجوهرية القائمة بين الأزمنة الماضية وبين الحاضر هو لب البحث التاريخي الحديث. إذ تمخض لأول مرة عن الوعي «بالمفارقة الزمانية». فأصبح فهم التطابق بين المؤسسات المعنية، أو الأفكار أو القوانين وبين عصرها الزماني الدقيق هو مهمة المؤرخين الغربيين. وظهر إلى الوجود حب الماضي لذاته، أو ما يمكن أن نسميه «نزعة الاهتمام بالآثار» وأصابت الباحثين حمى الرغبة في جمع كل ما هو ممكن من

الوثائق ومخلفات الماضي من نقوش، وأعمال فنية، وأوان فخارية، وعملات نقدية، وما شاكل ذلك. ومنذ القرن السابع عشر، أضحى الهدف الرئيسي للتاريخ الأكاديمي أن يكتشف «ما حدث حقا» (هذه كلمات رنكه المؤرخ الألماني الذي عاش في القرن التاسع عشر وهي بالألمانية (wie es eigentlich gewesenist)، في سياقه الخاص. وينبغي أن يعامل كل شخص، وكل حدث، وكل فترة بوصفها كيانا مستقلا وعلى قدم المساواة مع غيرها، وذات دلالة في ذاتها. فلكل لحظة تاريخية معناها الخاص في ذاتها؛ ولكل عصر روحه الخاصة، أو ما يسمى بالألمانية. Zeitgeist («روح العصر»).

وفي القرنين السادس عشر والسابع عشر، كان الناس بعامة متشائمين فيما يتعلق بالطبيعة المتميزة لعصورهم الخاصة. فقد بدأ الإنسان بريئا فاضلا. وكان «القدماء» (وهذه اللفظة تعني الإغريق والرومان) أفضل من «المحدثين» الشعراء والفلاسفة والعلماء، لأنهم عاشوا في الأيام القديمة الفاضلة حيث كان العقل الإنساني أكثر نضارة وخيالا، لم يلوثه تراكم الأخطاء. وعندما أطلق بترارك Petrarch شاعر أوائل عصر النهضة على عصره اسم «العصر الجديد» كان لكلمة «جديد» عنده رنين مذموم. فما فتئ التغير يعني الانحلال، ومازال القديم له سلطانه على النفوس.

التاريخ والتقدم

غير أن التغير كان ماضيا في طريقه. إذ كلما عقد الناس المقارنة بين أزمانهم وبين العصور القديمة، وبين ما عرف فيما بعد بالعصر الوسيط، شعروا أكثر فأكثر بالزهو إزاء ما طرأ من إصلاحات وتحسن. وفضلا عن صنوف من التقدم مثل الطباعة واكتشاف أمريكا، كان العلماء المحدثون من أمثال كوبرنيكوس Copernicus وكبلرKepler، وفرنسيس بيكون Francis Bacon يفضحون الأخطاء القديمة التي وقع فيها أرسطو وبطليموس. وفي هذا كتب هنري باور العالم الإنجليزي الذي عاش في القرن السابع عشر قائلا: «هذا هو العصر الذي تعاني فيه أرواح الناس جميعا نوعا من التخمر... والفلسفة... تأتي مع موسم الربيع». ووقف الشعراء وكتاب المسرح المحدثون من أمثال شكسبير وسرفانتيس Cervantes وكورني Corneille وراسين Racine أندادا وعلى قدم المساواة مع هوميروس واسخيلوس وفرجيل. وشهد القرن

السابع عشر بالمزايا النسبية لكل من القدماء والمحدثين، وانتهي إلى نتيجة مفادها أن قصة العلوم والفنون هي حقا قصة التقدم. وما كان «جديدا» يمكن أن ينظر إليه الآن-لأول مرة-لا بوصفه شيئا منحلا أو منحولا، وإنما على أنه شيء أصيل، متقدم، يستشرف المستقبل. وهكذا استطاع كبلر أن يزهو بـ «فلكه الجديد» وجاليليو بـ «علميه الجديدين» وفرنسيس بيكون بأن شطرا من مشروعاته «لتقدم التعليم» يمكن أن يرسم تخطيطا لمجتمع طوباوي كامل سماه «أطلانطس الجديدة» يتفوق على أطلانطس أفلاطون القديمة.

هذه التطورات التي أسماها جان فرنل Jean Fernel الطبيب الذي عاش في القرن السادس عشر «انتصار عصرنا الجديد» غيرت من فهم الإنسان مكانة الحاضر في الزمان إذ أصبح الحاضر في علاقته بالماضي ينظر إليه-تدريجيا-على أنه الذروة التي بلغتها سلسلة طويلة من مراحل التطور. وبالتوسع في هذا الاتجاه، قام المؤرخون الفلاسفة من أصحاب النظريات في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر من أمثال جون ميللار John Millar وكوندورسيه Condorcet وهردرHerder، وسان سيمون St. Simon وأوجست كونت-Auguste Co mpte بتطوير رؤى متفائلة جازمه عن تطور العقل البشري والمجتمع. فلقد انتقل الإنسان من حالة منعزلة فطرية على الطبيعة إلى حياة اجتماعية منظمة، ومن الهمجية إلى الإنسانية، ومن الأثرة إلى الإيثار. وخفت وطأة ما يعانيه الإنسان من فقر وما يبذله من كد بفضل التكنولوجيا التي وفرت على الإنسان عناء العمل؛ وبفضل نمو الثروات، مع تقدم الاقتصاديات من البداوة إلى الزراعة، ومن الزراعة إلى التجارة والصناعة. وأذعنت الجهالة للمعرفة، واللامعقولية للعلم. وقال فرنسيس بيكون إن الحقيقة وليدة الزمان وصور سفينة المعرفة مبحرة من خلال أعمدة هرقل، من العالم المغلق في البحر الأبيض المتوسط وتمضى قدما إلى أبعد من ذلك «Plus Ultre» لتدخل المحيط الأطلنطي الجديد الذي لا حد له، لتعمل على تقدم «فعالية جميع الأشياء الممكنة» وهكذا نجد الأديان البدائية التي سادت العالم القديم، بما انطوت عليه من اعتقاد (بتعدد الآلهة)، وعبادات خرافية تؤمن بحضور الأرواح في الكائنات الطبيعية، وخوف من المجهول- أبدلت بإله فرد، عاقل، حكيم، كريم، رحيم (ثم تحرر الإنسان بالعلم والاعتماد على الذات). وتخلي الاستبداد السياسي عن مكانه تدريجيا ليحل نظام

حكومة ممثلي الشعب، مع الحرية والديمقراطية.

ومنذ أن بدأ عصر التنوير في القرن الثامن عشر، ساد منظور جديد عن الزمان فيما يختص بالبشرية، يرى التاريخ بوصفه تاريخا للتقدم. وأخيرا بدا الزمان منحازا إلى صف الإنسان، وإن كان بعض الرجعيين المتشددين من أمثال الدكتور جونسون Dr Johnson يشكون من أن «العصر يلهث مجنونا وراء التجديد». على حين أعلن توماس ماكولي أحد مؤرخي القرن التاسع عشر؛ مبشرا «نحن في جانب التقدم.» وظهر إيمان جديد بقدرة الإنسان على أن يكون سيد مقدراته فما الذي جعل التقدم ممكنا؟ يرى هردر الألماني أن ذلك بسبب أن للإنسان-على خلاف سائر الحيوانات الأخرى-استعدادا لا متناهيا للتعلم، وتعليم نفسه. أما هيجل (1770-1831) فيذهب إلى أن التقدم كان ممكنا لأن الوعي يزداد ويتفتح باستمرار. ورأى آخرون في العلم مفتاحا لهذا التقدم. وردد ماكولي ما قاله بيكون من أن العلم يضمن «التقدم العظيم الثابت» للبشرية: «لقد أطال العمر؛ وخفف الألم؛ وقضى على الأمراض.. إنه فلسفة لا تعرف الراحة أبدا، ولم تصل إلى مبتغاها أبدا، ولن تبلغ الكمال أبدا. وقانونه هو التقدم.»

ورأي آخرون أن السر يكمن في التقدم الاقتصادي. وهكذا رأى كارل ماركس Karl Marx أن التقدم مضمون (وإن يكن ذلك على نحو جدلي) لأن الإنسان يستطيع أن يجد دائما مزيدا من الطرائق الفعالة لاستغلال الطبيعة والاستحواذ على ثمارها لمنفعته الخاصة.

والقول بأن مرور الزمان يعادل التقدم كان له أثر عميق آخر. إذ تحولت التوقعات إزاء المستقبل. فمنذ عصر الرسل حتى نهاية القرن السابع عشر، اعتقد كثير من المسيحيين أن نهاية العالم وشيكة الوقوع. وذهب الظن إلى أن العصر الحالي ملئ بشرور لا علاج لها. وإذ راود الناس حلم عن المجتمع الكامل، فقد تصوروا قيام هذا المجتمع إما في الماضي (الفردوس، جنة عدن، العصر الذهبي)، أو خارج مسيرة التاريخ الإنساني تماما، ومن ثم نشأت الفكرة المسيحية عن الجنة، أو فكرة المدينة الفاضلة التي عرضها أصلا توماس مورThomasMoreعام 1516، وقام بتزيينها آخرون. وليست «اليوطوبيا» سوى مجتمع مثالي لا وجود له إلا في الذهن فحسب. وكانت كلمة يوطوبيا تعني عند مور «اللامكان».

غير أن الناس صرفوا أنظارهم ابتداء من القرن الثامن عشر نحو المستقبل. وكانت الرأسمالية الغربية تضاعف من ثروتها، وتغزو بقية الكرة الأرضية، وبدأ الطب يكافح الأمراض الوبائية، ويعمل على تحسين وسائل الرفاهية في الحياة، رافعا من متوسط عمر الإنسان، على الأقل بالنسبة لأعضاء المجتمع الموسرين. ومن ثم أصبح بالإمكان التطلع إلى المستقبل في ثقة وشوق. وكان تدهور الاعتقاد في الدورة الألفية Millennius يعني أن المجتمع يمتلك مدي غير محدد من المستقبل يستطيع فيه الاستمرار في تطوره. فالإنسان يستطيع أن يصنع وجوده. وهاهو ذا قد تقدم، ولكنه لم يبلغ الكمال بعد. ولا ريب في أن فكرة الكمال النهائي نفسها قد أخلت مكانها لتحل محلها فكرة إمكانية الاكتمال-أي التحسن اللامحدود المستمر. وكتب كوندورسية قائلا: إن إمكانية بلوغ الإنسان مرتبة الكمال هي بحق إمكانية لانهائية». وكانت الثورة الصناعية هي الحافز الأخلاقي الأخير، فعلي سبيل المثال، أوحت الخطوط الحديدية لتنيسون بهذين البيتين:

لم تكن المنارات عبثا. فلنمضي قدما إلى الأمام، إلى الأمام. وليظل الكون العظيم يدور أبدا، على امتداد مسارات التغير المدوية.

وهكذا تحولت الرؤية السابقة عن فردوس مفقود أو مفتقد إلى عبارات يغلب عليها الطابع الدنيوي: فردوس يتحقق في المستقبل هنا على الأرض ويصنعه الإنسان بجهده. وعلى حد تعبير جوزيف بريستلي: «لما كانت المعرفة هي القوة كما يلاحظ ذلك اللورد بيكون-فان القوى البشرية سوف تكبر في الواقع، والطبيعة-بما في ذلك موادها وقوانينها-سوف يزداد خضوعها لسيطرتنا؛ وسيجعل الناس وضعهم في هذا العالم أكثر يسرا ورفاهية بصورة وفيرة؟ ومن المحتمل أن يطيلوا بقاءهم فيه، وستكون حياتهم اليومية أكثر سعادة كل بنفسه وأكثر قدرة (وأعتقد أكثر استعدادا) لتوصيل السعادة إلى الآخرين. وهكذا، وأيا كانت بداية هذا العالم، فإن النهاية ستكون مجيدة وفردوسية بحيث تفوق كل ما قد يخطر الآن على خيالنا.» وهكذا لم يعد للعالم الغربي الرأسمالي الآن وقت لما هو عتيق أو عفي عليه الزمان أو بات مهجورا. والصناعة تكفل التغيير في المستقبل نتيجة ما هو راسخ في منتجاتها من إمكانية استهلاك وزوال. وقد سادت بيننا عبادة كل ما هو جديد.

ومن الجلي أن القرنين الأخيرين تمخضا أيضا عن تنبؤات عميقة التشاؤم بشأن المستقبل، تنبؤات كانت تخشى من النزعة الصناعية، ونشأة المدن، والبيروقراطية. وفي أوائل القرن التاسع عشر أعلنت الحركة الرومانسية احتجاجها على ميكنة الروح الإنسانية. وتمردت «الثقافة المضادة» التي ظهرت في الستينيات من القرن العشرين على مستقبل تسيطر عليه التكنولوجيا وقيم المال. كما تعتقد الحركات المحافظة أن العلم الحديث والتكنولوجيا يعرضان مستقبل الإنسان للخطر، ولا يعملان على تحسينه. وكتاب آلدوس هكسلي Aldous Huxley «عالم جديد شجاع» Brave New World، وكتاب جورج أورويل Jeorge Orwell «1984» يحذران من قدرة الإنسان على تضليل فكر رفاقه والتحكم فيهم.

والمسألة هي أنه سواء كانت الرؤية متفائلة أم متشائمة، فإن اتجاه الرؤية قد اعتراه التحول. ففي النظرة المسيحية الأصلية، كان مدي العمر الشامل الذي سيحياه الجنس البشري لا يزيد عن بضعة آلاف من السنين وكان الإنسان عبارة عن كيان «واقع»، ذي طبيعة محدودة-بدرجة أو بأخرى- (إذ هو مخلوق على صورة الإله). ومن ثم كان فهم الإنسان لنفسه سكونيا في جوهره. وعلى العكس من ذلك، شهدت القرون الثلاثة الأخيرة تطورا عميقا في المنظور التاريخي. وهذا المنظور هو الرأي القائل بأن الإنسان تطور تدريجيا من الحالة البدائية إلى المدنية، وبأن المستقبل يمتد أمامه بنفس القدر إلى بعيد. وعلى حد التعبير الشهير لأورتيجا إى جاست: ليس للإنسان طبيعة، وإنما تاريخ فحسب. والإنسان هو ما صار إليه. لقد صنع الإنسان وجوده، وله قدرة لا محدودة على تغيير نفسه. وما الإنسان الإنتاج للزمان.

من التاريخ الطبيعي إلى تاريخ الطبيعة

وكما كانت أفكار الإنسان عن الزمان تتغير، كذلك كانت آراؤه عن الطبيعة. ومثلما تحولت رؤية الإنسان من رؤية سكونية إلى رؤية تاريخية بصورة أساسية، كذلك اتخذ فهمه للطبيعة طابعا تاريخيا.

وتذهب النظرة اليهودية-المسيحية عن الطبيعة إلى أن خلق الكون جاء قبل الإنسان مباشرة منذ أقل من خمسة آلاف عام مضت. ومع أن التفاصيل

كانت موضع نزاع شديد، إلا أن جوهر هذا الاعتقاد ظل يجد من يؤيده حتى نهاية القرن السابع عشر. ويبدو أن الرواية التي شاء الكتاب المقدس أن يؤكدها أكثر من غيرها هي أن الخلق تم كله دفعة واحدة. خلق الله السموات والأرض، ثم خلق النور، وفصل بين اليابسة والبحر، وأبدع الشمس والقمر، ثم خلق أشكال النبات والحيوان على الأرض، وبلغت هذه المخلوقات ذروتها في الإنسان وجاء كل ذلك في أسبوع واحد من الطاقة المبدعة. ورأي الله هذا الخلق حسنا وتاما كاملا، فتوقف. ذلك لأن الأشياء جميعا كان يراها حسنة كما خلقها، ولم تكن هناك حاجة إلى التعديل أو إدخال التحسينات. ولم يشر الكتاب المقدس إلى أية عمليات خلق جديدة لاحقة. وما من شيء خلقه الله يمكن أن ينقطع عن الوجود. ومغزى قصة سفينة نوح هو أن زوجين من كل نوع من أنواع الحيوان قد حفظا لتعمير الأرض من جديد بعد أن وقع الطوفان عقاب الله على عصاة البشر.

وللتعبير عن هذا بصورة أخرى نقول: إن أصحاب النزعة الطبيعية في العصر الوسيط وعصر النهضة واجهتهم مشكلة فهم مختلف مظاهر البيئة المحيطة بهم-كيف يصنفون العلاقات بين المخلوقات المختلفة بعضها والبعض الآخر؛ لماذا تورع النبات والحيوان على النحو الذي هي عليه؛ وترتيب اليابسة والبحر والمناظر الطبيعية. ولم يخطر لهم مسبقا أن بعد الزمان له دور كبير في الإجابة عن هذه الأسئلة. وذلك لأن الكرة الأرضية كانت أساسا على النحو الذي قصده الإله أن تكون عليه. ولم يكن ثمة وقت كاف بالتأكيد لإحداث تغير عظيم، وأن معظم التحولات (مثل الطوفان) كانت تعزي على أية حال إلى تدخلات إلهية خاصة. وهكذا لم يكن فهم الطبيعة يعني فهم تاريخها إذ لم يكن لها تاريخ مهم تقريبا وإنما يعني فهم الصورة التي هي عليها أي فهم تصميمها Design.

وبتعبير آخر، جرت التقاليد على أن يشاهد العلم نظام الطبيعة في حدود علاقات لا زمانية وربما قامت هذه العلاقات على التماثل إذ يمكن أن تقارن الأرض بالجسم الإنساني، وأن نفهمها بمقارنة وظيفة الأنهار، والجبال، والبراكين بالأوجه المناظرة لها في علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) البشري وعلم التشريح. وكان أرسطو يعتقد أن كلا من جسم الإنسان وجسم الأرض يتألف من عناصر وأخلاط. وكان من المعتقد

أن فصوص الأحجار الكريمة والمعادن مناظرة للكواكب. أو قد تكون العلاقات هادفة؛ وهكذا فإن طبيعة الخضراوات تقوم بتوفير الطعام للحيوانات، وطبيعة الحيوانات أن تزود الإنسان بالطعام وليستخدمها أنعاما لحمل أثقاله. ذلك أن الله أمر آدم أن تكون له «الهيمنة على سمك البحر وعلى طير السماء وعلى البهائم، وعلى كل الأرض، وعلى جميع الزواحف وما يدب على الأرض»(سفر التكوين، الإصحاح الأول، آية 26).

وابتداء من القرن السادس عشر تقريبا، فإن هذه الرؤية لكون سكونى قريب العهد ولا يطرأ عليه تغيير، بدأت تواجه تحديا. ولهذا أسباب عديدة. فقد حدث ذلك في شطر منه لأن العلماء اكتشفوا-على التعاقب-شواهد جديدة مثل «النجوم الجديدة» «Novae» أو الحفريات-وهي بينات لم يكن من السهل استيعابها داخل الصورة القديمة. وفي شطر آخر منها، وبخاصة ابتداء من القرن الثامن عشر، لم يعد كثير من العلماء مسيحيين مؤمنين، أو أنهم على الأقل اعتنقوا الرأي القائل بأن الإيمان الديني ينبغي ألا نخلط بينه وبين البحث العلمي. وكذلك، ما أن تحولت رؤية الإنسان الغربي لنفسه في المجتمع بتأثير الأفكار عن الزمان والتاريخ، حتى أصبح التفكير في الطبيعة في ضوء أفكار مماثلة أمرا أشد جاذبية.

ولقد أحدث علم الفلك الجديد القائل بمركزية الشمس heliocentric عند كوبرنيكوس وكيلر وجاليليو أول صدع رئيسي، إذ أزاح الأرض عن مركز الخلق: وأنزلت الأرض عن رتبتها لتصبح مجرد كوكب صغير يدور حول نجم واحد في كون وصفه ديكارت Descartes ونيوتن Newton بأنه لا متناه في المكان. ولم تتمخض فكرة الكون اللامتناهي في المكان مباشرة عن فكرة الزمان اللامتناهي (وإن كان من الجلي أنها جعلت تضخيم بعد الزمان أيسر للاستيعاب عندما جاء أوانه)؛ وأيا كان الأمر، فقد أوحت بفكرة أن رواية «التكوين» لا تنسحب على خلق الكون بأسره، وإنما على خلق الأرض فحسب. وهكذا أمكن القول إن أنحاء أخري من الكون سبقت الأرض من حيث تاريخ وجودها بمقادير لا حصر لها من الزمان. وبالمثل، قام علماء الكون من أمثال توماس برنت ووليم ويستون Willian Whiston الذي كان يعيش تحت رعاية نيوتن-قاما بتأويل عبارة «الأشياء الأخيرة» الواردة في الكتاب القدس على أنها لا تنسحب على هلاك الكون كله، بل على هلاك

الأرض وحدها. ومن ثم أصبح من المقبول لأول مرة أن عوالم أخري سبقت الأرض إلى الوجود. واستطاع فونتينيل Fonte nelle الفيلسوف الفرنسي المحترم أن يشير في دراسته «أحاديث عن تعدد العوالم» 1686(Conversations on the Plurality of Worlds) إلى أن المجموعات النجمية تضم حياة عاقلة كحياة البشر، ومن المحتمل أن سكانها يستخدمون مقاييس زمنية مختلفة عن مقاييس الأرض.

ومع ذلك، استمر معظم الطبيعيين في القرن السابع عشر على اعتقادهم في أن الجدول الزماني الوارد في «التكوين» ينطبق حرفيا-بدرجة أو بأخرى- على الأرض. وساورهم قلق خشية أن موسى «صاحب سفر التكوين حسب الاعتقاد الديني» يكون قد أخطأ فيما يتعلق بالخلق، ومن ثم فقد يذهب الظن إلى أن الوصايا العشر مخطئة أيضا. وكان الناس يخشون أيضا من أن الإسراف في إضفاء القدم على الأرض هو الخطوة الأولى التي يمكن أن تترتب عليها نتائج خطيرة. فسوف تتبعها عقيدة أزلية الأرض، التي تنطوي على الإلحاد، وتحطم آمال الإنسان في الخلاص. وفضلا عن ذلك، لم يبد ضروريا القول بأحقاب كبيرة من الزمان ويمكن المواءمة بين الظواهر التي تثير إشكاليات مثل ما يبدو على أنه بقايا عضوية مطمورة في أعماق الصخور (كالحفريات)، وبين المراحل الزمنية التي تتحدث عنها التوراة. ومع ذلك، فقد بات التسلسل الزمني المذكور في الكتاب المقدس في موقف الدفاع عن نفسه فعلا. ولهذا فإن جون راى الذي عاش في القرن السابع عشر وتأمل حفريات لنوع منقرض من نبات السرخس لا يوجد في عالمه المعاصر أبدي تخوفه من «أن تترتب على ذلك سلسلة من النتائج، يبدو أنها تصدم تاريخ-الكتاب المقدس فيما يتعلق بجدة العالم، أو إنها تطيح على الأقل بالرأي المقبول عامة، ولأسباب قوية، عند رجال الدين والفلاسفة- والذي يقضى بأن جميع أنواع الحيوانات والنباتات ثابتة منذ الخلق الأول، لم ينقرض منها شيء ولم تظهر أية أنواع جديدة». ومهما يكن من أمر فإن طبيعيين آخرين-وقد واجهتهم الشواهد على انقلاب الأوضاع بين اليابسة والبحر على مدي تاريخ الأرض-شعروا بأنهم مرغمون على التسليم بأن الأرض أقدم حقا مما يفترض عادة-وإن لم يكن هناك من هو على استعداد- عمليا-للمجازفة بتحديد تاريخ لنشأتها.

وكانت النقلة الكبرى في المواقف. فقد تزايد اعتناق العلماء للموقف الذي يرى أنه لكي تكون التفسيرات التي تتعرض لتصور نظام العالم تفسيرات مرضية، فلابد لها أن تكون في حدود العمليات المنتظمة للطبيعة، من خلال القوانين الروتينية، وباستبعاد التدخلات الإعجازية. وكان أول تفسير مهم لوضع الأجرام السماوية-ليس من حيث المواضع التي وضعها الله فيها أصلا، بل من حيث الكيفية التي انتهت بها إلى هذا الوضع، على نحو طبيعي-هو التفسير المسمى «الفرض السديمي» الذي اقترحه كانت Kant، ومن بعده لابلاس Laplace. ويدلل هذا التفسير-بعد توسعه-على أن «النجوم الثوابت، ليست ثابتة أبدا. فقد بدأ الكون على هيئة سحابة هلامية من الغازات التي تدور كالدوامة، ومع مرور الزمن انتظمت وفقا لقوة جاذبيتها الخاصة، وتكثفت بعض أجزائها، بينما تخلخل بعضها الآخر، حتى تشكلت في التجمعات النجمية المختلفة. وثمة محاولات مماثلة لتفسير هيئة الأرض بأنها تطورت من كتلة هلامية غير منتظمة وترجع هذه المحاولات إلى ديكارت-على أول تقدير-في كتابه «أصول الفلسفة». ولكن ديكارت خوفا من أن يدخل في صدام مع رجال الدين كما فعل جاليليو-فقد أكد أن هذا التفسير لم يكن تفسيرا للكيفية التي رتب بها الله-بالفعل-تطور الأرض، بل هو بالأحرى إحدى السبل التي يمكن القول بأن الله حقق من خلالها مشيئته. وعلى هذا النحو أيضا يرى ليبنتس في كتابه «عن أصول الأشياء» أن الأرض تطورت من كتلة نارية أصلية بواسطة عمليات التبريد والانفصال والتجميد.

والمهم في هذه الآراء جميعا أنها سعت إلى تفسير التركيب الحالي للأرض وهيئتها في حدود تطور تاريخي متدرج ومطرد وموحد، ومرحلي؛ ومن ثم كان ضمنيا بطيئا طويل الأمد. ولا يكمن معني الأرض في تصميمها الأصلي، وإنما فيما آلت إليه. ذلك أن الخلق لم يكن فعلا تم مرة واحدة والى الأبد، ولكنه بالأحرى إليه. ذلك أن الخلق لم يكن فعلا تم مرة واحدة وإلى الأبد، ولكنه بالأحرى عملية مستمرة تجري على طفرات. أو على حد تعبير كانت: «ليس الخلق عملا تم في لحظة.»

وفي القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، اتسع هذا النهج في التناول ليشمل موضوعين مكملين: أولا، بذلت محاولات لتحديد عمر الأرض.

وكانت محاولة بوفون Buffon هي المحاولة الرائدة: إذ حاول استنباط الفترة التي بردت خلالها الأرض بالمماثلة التجريبية مع تبريد الكرات الحديدية. واقترح علانية مقياسا زمنيا للأرض يبلغ حوالي 000 74 سنة حتى وقتنا الحاضر (حينذاك)؛ أما في السر، فكان يذهب إلى أن عمر الأرض قد يكون نصف مليون من السنين. والعقبة الكأداء التي اعترضت هذه المحاولات جميعا تكمن في إيجاد مقياس موضوعي متداول لمعدل التغير الأرضي. وفي عام 1715، اقترح إدموند هيلي Edmond Halley عمل حساب تراجعي على أساس معدل تزايد الملوحة في المحيطات، غير أن هذه المحاولة أثبتت أنها غير عملية. وظهرت محاولات أخرى لإيجاد مثل هذه «الوسائل الطبيعية لقياس الزمان»-Natural Chrono meters ووضح أنها أبعد ما تكون عن الوثوق بها. ومع ذلك، ما إن حلت ثلاثينيات القرن التاسع عشر حتى كان الجيولوجيون أصحاب الشهرة الواسعة يقيسون تاريخ الأرض بملايين السنين بدلا من ألوفها. وافترض تشارلز داروين-في ملاحظة عابرة-أن تكوينات ويلدن جرينساند Wealden Greensan الواقعة في جنوب شرقي إنجلترا يمكن أن تكون قد تشكلت منذ ما لا يقل عن 300 مليون سنة خلت-وهذا تقدير مبالغ فيه حتى بمعايير يومنا هذا!

وطبيعي أن هذا المقياس الزمني نسف تماما القراءة الحرفية لسفر «التكوين». وأثار قلقا شديدا لدى بعض المسيحيين. وهكذا كتب الناقد الفني جون رسكن في 1851: «لو أن علماء الجيولوجيا تركوني وحدي، لأمكنني أن أحسن صنعا، ولكن ماذا أصنع مع تلك المطارق الفظيعة! إنني أسمع رنينها في نهاية كل إيقاع من آيات الكتاب المقدس.» غير أن معظم أصحاب المذهب الطبيعي من المسيحيين كانوا يستطيعون ملاءمة هذه الكشوف بقولهم إن «سفر التكوين» لا يشير على كل حال إلا إلى عصر نشأة «الإنسان». والواقع أن التحدي الرئيسي الذي واجهه تاريخ الجيولوجيين لعمر الأرض صدر عن زملائهم من العلماء. وقد حاول الفيزيائي وليم طومسون William Thomson (الذي أصبح فيما بعد لور كلفن Lord Kevin أن يثبت باستخدامه للديناميكا الحرارية-أن الأرض انفتقت عن الشمس وأخذت تبرد بصورة عادية ومر ما لا يزيد عن حوالي 60 مليون سنة منذ أن كانت في حالة انصهار. ومهما يكن من أمر، فقد أنقذ علم الفيزياء أكثر جدة

علماء الجيولوجيا في آخر المطاف من التزامهم بأن التغير الجيولوجي جري على نحو متدرج بصورة مفرطة. فقد أثبت اكتشاف هنري بيكريل وارنست رذرفورد لعمليات النشاط الإشعاعي في أوائل القرن العشرين- أثبت أن هناك مصدرا مجهولا للحرارة في باطن الأرض، إذ تنبعث الحرارة من المعادن بمعدل غاية في البطء ويعتقد الجيولوجيون في الوقت الحاضر أن الأرض اكتسبت أولا قشرة مستديمة منذ حوالي 2800 مليون سنة خلت، وإن كان من المعروف أن هناك صخورا عمرها أكثر من 3000 مليون سنة. وأقدم الصخور المعروفة وهي صخور ما قبل العصر الكمبرِّى-Precam brian يرجع تاريخ نشأتها إلى أكثر من 600 مليون سنة، ويرجع تاريخ التكوينات الصخرية الثانوية إلى حوالي 350 مليون سنة، والثلاثية إلى حوالي 50 مليون سنة، وتوصف ملايين السنين القلائل الأخيرة بالتكوينات الرباعية.

والطريقة الثانية للبرهنة على أن قصة الأرض هي قصة التطور التاريخي التدريجي تأتي بإثبات كيف أن العمليات الجيولوجية العادية (مثل تحولات الصقيع أو الأنهار) يمكن أن تتمخض عنها نتائج كبيرة إلى غير حد، إذا أتيح لها الوقت الكافي. هذا المبدأ الخاص «بأقل الجهد مع الوفرة في الوقت» في الطبيعة يرتبط بجيولوجيين من أمثال جميس هاتون James Hutton وتشارلز لايل Charles Lyell.) ودلل هاتون على أننا نفتقر إلى الأساس لتحديد مقدار الزمان المتاح لإحداث التغيرات الجيولوجية، لأننا «لا نملك أثر البداية، ولا إمكانية لنهاية» فيما يتعلق بتكوينات الأرض. ومن ثم فالأرض قديمة على نحو غير محدد. وتذهب هذه المدرسة الجيولوجية المعروفة باسم«نظرية التأثير المطرد» إلى أن الزمان قوة طبيعية فاعلة وحدها.[3*] وكتب بلايفير Playfair أحد أصدقاء هاتون مستخدما لصورة رياضية: «يؤدي الزمان مهمة إدماج الأجزاء المتناهية في الصغر التي يتألف منها [التقدم المرحلي للأرض].» وكتب بوفون Buffon بالمثل: «العامل العظيم في الطبيعة هو الزمان. إذ يمشي دائما بخطوات منتظمة ولا يفعل شيئا في صورة طفرات أو وثبات؛ ولكن على درجات، ومراحل تدريجية، وفي تتابع....

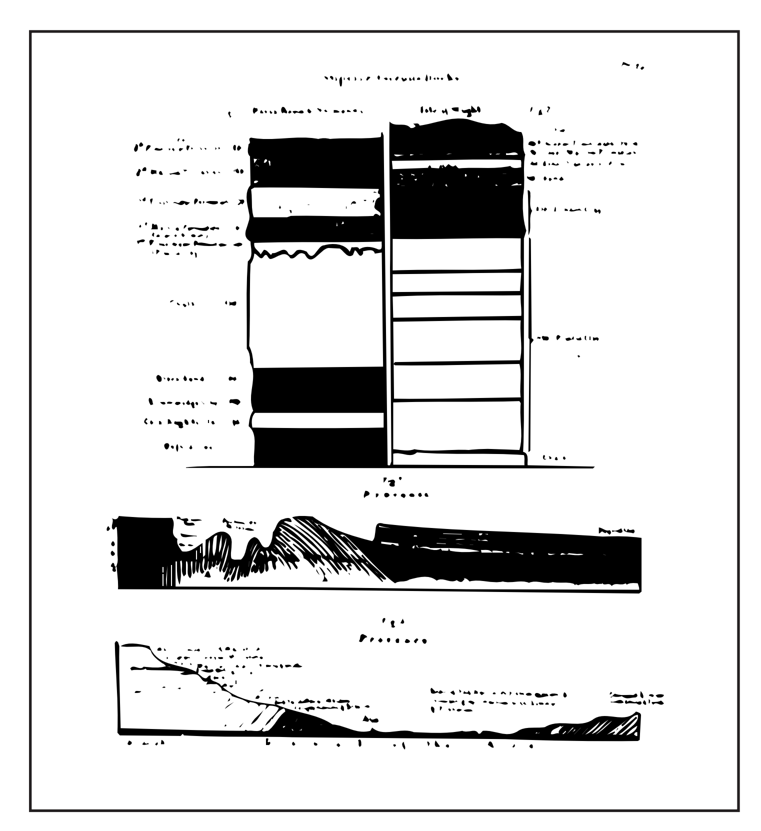
(3*) uniformitariuaism النظرية القائلة بأن جميع الظواهرة الجولوجية يمكن تفسيرها باعتبارها نتيجة لقوي موجودة فاعلة أثرت على نحو متسق ومطرد منذ بداية نشأة الأرض وحتى عصرنا الراهن. [المراجع].

والتغيرات التي يحدثها لا تلاحظ أول الأمر، ثم تأخذ في الظهور رويدا رويدا، ثم تكشف عن نفسها آخر الأمر في نتائج لا يمكن أن تخطئها العين» وقد لخص الجيولوجي جورج بوليت سكروب George Poulett Scrop الذي عاش في أوائل العصر الفيكتوري مسألة تحويل النظرة إلى وجود الأرض إلى مسألة من مسائل التاريخ بقوله «إن الفكرة الرائدة الحاضرة في أبحاثنا جميعا والتي تصحب كل ملاحظة جديدة، والصوت الذي يبدو أنه يتردد باستمرار في مسمع كل دارس للطبيعة صادرا عن كل جزء من أعمالها هو «-الزمان!-الزمان!-الزمان»

تاريخ الحياة

ما أن أصبح للأرض تاريخ حتى بات لزاما أن تنسحب هذه الحجج على الكيانات العضوية التي تسكنها. وحتى القرن الثامن عشر كان وجود أنواع متمايزة من النباتات والحيوانات-وإن تكن قابلة للمقارنة مورفولوجيا (أي من حيث الشكل الظاهري والبنية)-أمرا مفهوما داخل إطار خطة إلهية سابقة التقدير، لا زمانية، سكونية، متصاعدة الدرجات، هي السلسلة العظمي للوجود. وفي هذه الخطة كان لكل نوع مكانه من أدني صور الحياة النباتية حتى الإنسان. وكان من المفروض أن كل نوع خرج إلى الوجود عند الخلق الأول وكانت الأنواع محددة أساسا، وتقتصر مهمة المؤرخ الطبيعي، مثل لينايوس Linnaeus على تصنيف الحياة في فئات، وأجناس وأنواع، وتنوعات. ولم يشعر بعض الطبيعيين بالرضا إزاء التفسير اللاهوتي لتمايز الأنواع؛ غير أن التفسيرات التقليدية البديلة للأصل الطبيعي للأنواع (مثل التفسير الذي يذهب إلى أنها تولدت تلقائيا من نوع من الحمأ البدائي) لم تلق سوي النزر اليسير من التأييد العلمي. كما استبعدت نظريات التطور المبكرة-مثل نظريات لامارك-Lama rck وإراسموس داروين Yrasmus Darwin (جد تشارلز داروين)-بوصفها مبنية على النظر العقلي التأملي أكثر مما يلزم.

وبدأت الرؤية التقليدية السكونية لنظام الحياة في الانهيار ابتداء من ظهور عالم الطبيعة الفرنسي كوفييه Cuvier في أوائل القرن التاسع عشر. وكان الكشف الحاسم هو وجود سكان متميزين تمام التميز من الكائنات العضوية مدفونة في حفريات في طبقات من الحقب الجيولوجية المتعاقبة.



عامود جيولوجي يرجع تاريخه إلى القرن التاسع عشر يبين الترتيب الرأسي للصخور مع افتراض أنه يوضح أيضا الترتيب الزمني.

ولا ريب في أن كثيرا من الأنواع الأقدم قد انقرضت ومن أشدها إثارة للعجب الشثيات[*4]

والديناصورات العملاقة. ويبدو أنه كان هناك تقدم زمني تمهيدي للحياة من الأشكال اللافقارية البسيطة نسبيا (مثل الحيوانات ذات الصدفتين Bivalves وعضديات الأرجل.. Brachiopods إلخ.) التى عثر عليها في قيعان الأنهار والبحار القديمة-ثم مرورا بالأسماك والزواحف و الثدييات البدائية (كالحيوانات الجرابية، أي ذات الجراب) حتى الثدييات العليا والرئيسات، وأخيرا الإنسان. ويدل هذا على أن للحياة تاريخا-تاريخا مرحليا ومفرطا

(*4) حيوانات ثديية ضخمة ذات حافر وجلد ضيق (المرجع).

في الطول. ولكنه لا يثبت-على كل حال-أن الحياة قد «تطورت». والحق أن معظم علماء البليونتولوجيا (علم الإحاثة الذي يبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية السالفة كما تمثلها الحفريات الحيوانية والنباتية) حاولوا أن يؤكدوا أن حشودا من الأنواع قد خلقها الله على فترات متعاقبة من الخلق الخاص بعضها إثر بعض. ومع ذلك، فإن انقراض الأنواع كان فكرة مقبولة بإرجاعها إلى أسباب طبيعية (كالتنافس مثلا) وكذلك توزيعها الجغرافي.

ومهما يكن من أمر، فإنه ابتداء من أربعينيات القرن التاسع عشر، شاعت في الجو مرة أخري فكرة التطور في كتابات هربرت اسبنسر وروبرت تشامبرز اللذين اعتقدا أن «الوجود اللاعضوي له قانون واحد نهائي وشامل ألا وهو قوة الجاذبية. كذلك يرتكز الوجود العضوي-وهو التطور العظيم الآخر للأشياء الدنيوية-يرتكز، بصورة مماثلة، على قانون واحد، ألا وهو التطور.» وكان تشارلز داروين في كتابه «أصل الأنواع» (1859) هو الذي حشد الشواهد، لإقناع العالم العلمي، لا بأن للحياة تاريخا فحسب، ولكن بأن الأنواع الجديدة تطورت عضويا من الأنواع السابقة. وكان ميكانيزم التطور عند داروين هو أن الاختلافات العرضية ساعدت بعض الكائنات على البقاء بصورة أفضل وفق شروط المنافسة البيئية: وهذا هو مبدأ الانتخاب الطبيعي (أو على حد تعبير اسبنسر «بقاء الأصلح»). ولم يظفر ميكانيزم داروين بالمساندة العامة من الطبيعيين حتى الثلاثينيات من هذا القرن. ولقيت رؤية الإنسان في هذا المنظور مقاومة أشد. فما أن حل عام 1830 حتى كان العلماء على أهبة الاستعداد لتفسير الكون، والأرض، والحياة نفسها على أنها قديمة قدما لا يحصيه الحساب، وعلى أنها نتاج للزمان في التاريخ. غير أنهم كانوا مقتنعين بأنه ينبغي أن يكون الإنسان استثناء. فالإنسان (على حد زعمهم) لم يوجد إلا منذ بضعة آلاف من السنين (المقياس الزمني لسفر التكوين)، كما أنه خلق خلقا خاصا على صورة الله. ومع ذلك، واستنادا إلى دراسات علماء الأنثروبولوجيا، يبدو أن انتشار العرق واللغة والحضارة تطلب فترة أطول من التطور. وكانت الشواهد الأركيولوجية (الأثرية) المتمثلة في وجود مستنقعات الأنسجة النباتية المتضخمة، والكهوف، والحصي تثبت أن المخلفات الإنسانية (مثل الأدوات المنحوتة من الصوان)

كانت معاصرة للطبقات الجيولوجية منذ عشرات الآلاف من السنين، بل معاصرة للحيوانات البائدة. وفي منتصف هذا القرن استقر تقسيم تاريخ الإنسان القديم إلى عصور وأحقاب-كما وضعه العالم الدنماركي كريستيان طومسن Christian Thomsen-هي العصر الحجري، والعصر البرونزي، والعصر الحديدي، وجلب هذا التقسيم معه فكرة«ما قبل التاريخ Prehistory» وفكرة «التطور الاجتماعي»وفضلا عن ذلك اكتشف العلماء في تلك الأثناء العظام التي بدت لهم أشكالا انتقالية بين القرود العليا والإنسان-: «إنسان نيادرتال» في ألمانيا سنة 1856؛ و «إنسان كرو-مانيون» Cro-Majnon في سبعينيات القرن التاسع عشر. وبحلول الستينيات من القرن الماضي بدأ جمهور المتعلمين يتقبل فكرة أن الإنسان كائن موجود منذ عصر سحيق في القدم. غير أن تفسير داروين للتطور الإنساني العضوي في كتابه «أصل الإنسان»-The Descent of Man 1871 ما برح يلقي عداوة هائلة.

وبعد أن لقيت أخيرا فكرة تطور الإنسان قبولا في أواخر القرن الماضي، استمر معظم العلماء والفلاسفة ورجال اللاهوت على اقتناعهم بأن بعض عناصر الإنسان مستثناة من قانون التطور الطبيعي في الزمان. وهكذا صدر في منتصف القرن العشرين القرار البابوي الذي يقضي بأن«مذهب التطور ينبغي أن يفحصه العلماء «من حيث إنه يتناول بحث أصل الجسم البشري»، ومع ذلك فإن «الإيمان الكاثوليكي يلزمنا بالاعتقاد بأن الأرواح خلقها الله مباشرة». والجدير بالذكر أن أنثروبولوجيا القرن العشرين، وبخاصة في البحوث التي أجراها ريموند دارت Raymond Dart ولويس ليكي Louis Leakey وأسرته في أفريقيا-تقصت آثار سلالة أكثر بدائية من أنماط الإنسان-القرد (Hominid)، مثل الأوسترالوبيثيكوس، وأرجعتها إلى حوالي ثلاثة ملايين من السنين.

وهكذا اصطبغت الآراء عن الكون، والأرض، والحياة، والإنسان جميعا-بالصبغة التاريخية. وأضحى الزمان ذا اتجاه محدد directional، لأن التطور لا رجعة فيه. هذه الروية تتماشى جيدا مع مضامين القانون الثاني للديناميكا الحرارية كما صيغ في منتصف القرن التاسع عشر. ودلل علماء الفيزياء على أن العالم المادي ينحو نحو التفكك (الانتحاء)، أي أن مقدار الطاقة المستخدمة في الكون يميل إلى التناقص. وكل من الانتحاء والتطور يبينان

أن الزمان له اتجاه محدد، وأنه أشبه بالسهم.

وقد أعرب داروين نفسه عن تفاؤله بالتطور إذ قال: «لما كان الانتخاب الطبيعي لا يعمل إلا من خلال صالح كل كائن، ومن أجله، فإن كل البيئات الجسدية والذهنية ستنزع إلى التقدم صوب الكمال.» غير أن الكتاب والفنانين استجابوا إلى الرأي التطوري القائل بأن الإنسان ما هو إلا واحد من عائلة الرئيسات تطور مؤخرا في الزمان الجيولوجي في كون مصيره إلى «فناء حراري» في ضوء الديناميكا الحرارية، مع إحساس بالضياع والخواء وانتفاء الغرض. ومن ثم، كان هذا السؤال المعذب التي أطلقه تنيسون في قصيدته» للذكري (1850):

... وهو، هل هو،
الإنسان، آخر أعمالها، الذي بدا رائعا كل الروعة...
والذي كان واثقا في أن الله محبة حقا
وأن الحب هو قانون الخلق النهائي-
مع أن الطبيعة حمراء نابا ومخلبا
بالنهب، صرخت في وجه عقيدته...
لتعصفه الرياح مع غبار الصحراء
أو تسد عليه المنافذ داخل التلال الحديدية؟

ومما يدعو إلى السخرية أن الرعب القديم من الزوال السريع للزمان تحول إلى عبثية اللامعني، وإلى دهور غير ذات مضمون.

الزمان الموضوعي:

وفي فيزياء أرسطو-كما نقلها مفكرو العصر الوسيط، كان مفهوم الزمان أنه مقياس أو وظيفة للحركة. والزمان متعلق بالحركات الجسمية الفعلية، أي متعلق بـ «الصيرورة». وانعكست هذه العلاقة خلال التطور العلمي الذي شهده القرن السابع عشر. إذ أصبح الزمان آنذاك يفسر على أنه بعد كلي أو بعد أساسي يمكن أن تقاس عليه الخصائص الفيزيائية الأخرى (كالحركة مثلا). فانفصل الزمان عن مضمونه الفيزيائي. وعلى حد تعبير إسحاق بارو: Isaac Barrow «سواء جرت الأشياء أو ثبتت في مكانها، وسواء نمنا أو استيقظنا، فإن الزمان ينساب بإيقاعه المطرد».

وصيغ الرأي القائل بأن الزمان بعد بذاته: فهو موضوعي، كلي، مجرد ومحور واحد في شبكة الطبيعة (والمحور الآخر هو المكان)، وعليه يمكن أن نحدد كل الأشياء وحركتها. ويقول نيوتن في مستهل كتابه «الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعة»(1987): «الزمان المطلق، الحقيقي، الرياضي، يتدفق من تلقاء نفسه، ومن طبيعته الخاصة، تدفقا متساويا دون علاقة بأي شيء خارجي.» مثل هذا التصور كان على أعظم جانب من الأهمية للفلسفة الميكانيكية الجديدة المجردة ذات الطابع الكمي. والزمان المتصور على هذا النحو بوصفه معيارا مثاليا مطلقا سمح بإجراء الحسابات الرياضية للسرعة، والعجلة acceleration والمدة.... الخ. وكما كتب معلم نيوتن نفسه اسحق بارو: «الزمان يقتضي أن تكون الحركة قابلة للقياس.» وهكذا يمكن للزمان المطلق أن يكون قابلا للتناول الهندسي والرياضي في الصيغ والمعادلات. وعلى حد تعبير جون لوك John Locke صديق نيوتن: «ليست المدة من حيث هي كذلك سوى طول خط مستقيم ممتد إلى مالا نهاية.» هذا الرأي القائل إن هناك معيارا واحدا وحيدا لقياس الزمان في الكون أفاد الفيزيائيين وعلماء الكونيات فائدة كبيرة حتى القرن الحالي: وفي الفصل الخامس سيكون رأي الفيزيائي الحديث موضع مناقشة مستفيضة.

ولعل أعظم حافز لرؤية الزمان بوصفه بعدا موضوعيا مطلقا وأساسيا، كان تطور الساعة، هذا التطور الذي سوف ندرسه في الفصل الثالث دراسة أكثر شمولا. فلقد أنشئت في الغرب منذ القرن الثالث عشر الساعات الآلية التي تدور بأثقال ساقطة، وتنظم حركتها ميكانيزمات ضبط الانفلات- وظهرت الساعات العامة (التي تدق عدد الساعات دون أن يكون لها واجهة وعقربان) في المدن الإيطالية منذ القرن الرابع عشر. وما إن حل القرن التالي حتى ظهرت إلى الوجود الساعات المنزلية والمنبهات. ويرجع إلى هذا العصر تقريبا تقسيم الساعات نظريا إلى دقائق وثوان، وتقسيم الوقت إلى قبل الظهر أو صبحا وبعد الظهر أو مساء. ومنذ القرن السابع عشر كان الموسرون من الناس يستطيعون الحصول على ساعات الجيب (يسجل صمويل بيبيس في يومياته كيف كان مزهوا بساعته: إذ كان يسير في الشوارع ليخبر الغرباء بالوقت)... ولم تكن الساعات الأولي دقيقة كل الدقة، ولكن مع اختراع البندول الذي توصل إليه جاليليو وهيجنز في القرن السابع

عشر، أضحت الساعات دقيقة في حدود خطأ لا يتعدى عشر ثوان في اليوم الواحد.

وأحدثت الساعة ثورة في إحساس الإنسان بالزمان. فقد تواري الحساب الذاتي للزمان، اعني الحكم على الزمان بما ينجزه الإنسان من عمل، وبالشعور بالتعب، وبوصفه «أطول» و «أقصر»-لتحل مكانه دقات الساعة الموضوعية التي لا ترحم، المطردة، الموحدة التي تسير في خط واحد. وأصبح الحكم على الزمان من الآن فصاعدا، بالساعة كذا أو كذا. وكانت المقاييس السابقة للزمان، كالنبض، والمزولة الشمسية أو الساعة المائية- تعتمد على إيقاعات الإنسان أو الطبيعة-ولكن الشمس قد لا تسطع في بعض الأيام: وفي الشتاء يتجمد الماء. أما الآن، فإن الساعة يمكن أن تكون هي نفسها مقياسا لتلك الإيقاعات-ويمكن أن تحدد وقت الشمس ومعدل النبض. ومع الساعة، أصبح الزمان بعدا موضوعيا لا شخصيا. وعلى حد تعبير لويس ممفور قامت الساعة «بفك ارتباط الزمان بالحوادث الإنسانية وساعدت على خلق الاعتقاد في عالم مستقل للعلم».

وأصبحت الساعة على هذا النحو منظما للحياة الإنسانية. وما أن شاعت الساعات، حتى أصبح من الممكن ضبط تزامن النشاط على البعد، أو في النظم الاقتصادية-الاجتماعية المركبة. وأعطي هذا للرأسمالية دعامة حيوية. إذ كانت المؤسسات الكبيرة تحتاج من عمالها أن يصلوا «في الوقت تماما» («ثم يسجلون أسماءهم في الساعة») وأن يعملوا «في الوقت بالضبط». وأصبح الزمن المحدد بالساعات هو ضابط الإيقاع في العمل. ومن ثم نصح الطهورى رتشارد باكستر Richard Baxter الذي عاش في القرن السابع عشر قراءة بقوله: «لا تضيعوا دقيقة واحدة. الوقت من ذهب». ولهذا أوصى بنيامين فرانكلين Benjamin Franklen الداعية الأمريكي إلى الاعتماد على النفس «بألا تهدروا الوقت»، إذ أصبح الوقت شيئا ثمينا: الوقت هو المال. ولجأ صمويل بيبيس إلى حلاقة ذقنه بنفسه وقال: «هذا يوفر المال والوقت الأمر الذي يسعدني إلى أقصى حد.»

وهكذا استطاع عالم المال والأعمال في النظام الرأسمالي ضبط إيقاع حياة عماله لكي يتحولوا إلى آلات تشتغل وفق قوانين الزمان المحددة مواقيته بالساعة وجعلهم يعلمون كما تعمل الساعة، ويدفع لهم أجرا على كل ساعة

عمل. وحيثما كان ثمة قصور في الكفاءة ظهرت الحاجة إلى الدراسات الخاصة عن «الزمان-و-الحركة. أصبحت سجلات الوقت لا تقل أهمية عن مسك الدفاتر. وبات الالتزام بدقة المواعيد فضيلة. وأفسحت التلقائية مكانها للتخطيط، ولدفتر اليومية، وللجدول الزمني-أي للنظام. وفي رواية لورنس سترن Lourence Stern «تريستان شاندي» Tristam Shandy Winding كان والد البطل يجامع زوجته مرة كل شهر بعد تعبئة الساعة. وبالمثل كان فيلسوف عصر التنوير جون لوك يدعو إلى التدرب على مواعيد محددة لقضاء الحاجة لتوليد حركات منتظمة للأمعاء. وكتب لورد تشسترفيلد-Lord Chester 1773- 1694(field) لابنه بهدف توفير الوقت الذي يضيعه: «لا شيء أرغب فيه أكثر من أن تعرف، وقليل من الناس من يعرفونه-الإحساس الحقيقي بالزمان وقيمته... كنت أعرف سيدا مهذبا، يدبر وقته تدبيرا حسنا حيث لم يكن يضيع حتى ذلك القدر الضئيل منه الذي ترغمه فيه نداءات الطبيعة على قضائه في بيت الضرورة، فكان أن تصفح-تدريجيا-جميع الشعراء اللاتين في تلك اللحظات. فقد ابتاع على سبيل المثال طبعة شعبية من هوراس، وانتزع منها-تدريجيا-في كل مرة اثنتين من الصفحات ليحملهما معه إلى حيث يقضي حاجته، فيقرأهما أولا، ثم يرسلهما إلى أسفل على سبيل التضحية لكلوشينا Cloacina؛ وبهذا اكتسب قدرا كبيرا من الوقت، وأوصيك أن تحذو حذوه وسيجعل ذلك أي كتاب تقرؤه على هذا النحو حاضرا في ذهنك أشد الحضور.

«وأنا على يقين من أنك تتمتع بقدر كاف من الفهم لكي تعرف أن الاستخدام الصحيح لوقتك هو أن يكون كله لنفسك، بل إنه أكثر من ذلك، إذ ينبغي ألا يستخدم إلا في الحصول على فائدة هائلة بحيث تصل في أعوام قلائل إلى رأسمال وفير».

فلا عجب أن المتطرفين المناهضين لحياة المدن، والمعادين للبيروقراطية والمعارضين للصناعة-من أمثال روسو والهيبيز-قد استهلوا تمردهم بحركة التخلص من ساعاتهم.

وهناك سمات أخري لحياة الحضر الحديثة، المعقدة المصنعة،-عززت إحساسنا بالزمان بوصفه شيئا قاسيا خارجيا بالنسبة إلينا، ومنظما موضوعيا للوجود. ففي داخل العالم البروتستانتي بخاصة أصبح أسبوع

العمل موحدا بحيث يمتد من الاثنين إلى السبت. ومن ثم فإن عطلات «يوم القديس» غير المنتظمة التي كانت سائدة في ظل كاثوليكية العصر الوسيط قد أخلت مكانها ليوم الراحة المنتظم. وقد دلل الناقد الأمريكي مارشال ماكلوهان Marshall Maclohan على أن مجيء الكتاب المطبوع، والتعليم العام، قد دعما منطق الزمان المتعاقب. فهناك نظام محدد لقراءة الكتاب (على خلاف اللوحات الفنية مثلا) وهذا النظام-في الروايات بخاصة-هو الترتيب الزماني للكشف عن الحبكة والشخصيات، بغض النظر-على سبيل المحاجاة-عن الأساليب الفنية كالارتداد إلى الماضي، أو الأدب الخيالي التجريبي. ومن ثم، كان ذلك الإحساس الطاغي بقبضة التاريخ الذي نقله إلينا الروائيون العظام الذين ظهروا في القرن الماضي من أمثال جورج إليوت Jeorge Eliot أو استندال، أو بلزاك ثم من بعدهم توماس مان Thomas Mann وتوماس كارلايل صاحب الاحتجاج المتقد الذي أطلقه: «واسفاه ياروح-الزمان،

كيف أصبحنا أسرى لك ورهن محبسك»

الزمان الذاتي:

غير أن الإحساس بذاتية الزمان-وبخاصة بين الكتاب والفنانين-لم يتبدد أبدا. وكانت آليس Alice البطلة التي صورها لويس كارول تجده دائما وقت تقديم الشاي-في الساعة السادسة-في حفل ماد هاتر Mad Hatter للشاي. وفي مسرحية شكسبير «كما تهواه» دخلت روزاليند Rosalind مع أورلاندو Orlando-الذي التقت به في آردن-في الحديث بأن سألته عن الوقت. فأجابها أورلاندو بأن لا وجود لساعة في الغابة. وكان جواب روزاليند أن الزمان يمضي على نحو مختلف باختلاف مشارب الناس: «الزمان يسافر بخطوات متباينة بقدر تباين الأشخاص. وسأخبرك مع من يمشي الزمان رهوا، ومع من يسير الزمان خبيا، ومع من يجري الزمان ركضا، ومع من يقف بلا حراك.» أما في نظر مكبث فقد كان الزمان هو «الغد، والغد، والغد/يزحف بخطو بطيئا يوما إثر يوم».

وكذلك تساءل الفلاسفة عن حقيقة هذا الزمان الموضوعي المطلق، الزمان النيوتوني الظاهري. وقد دلل بركلي Berkeley وهيوم وهما من فلاسفة القرن الثامن عشر-كل بطريقته المختلفة-على أنه لا وجود لتجربة مباشرة

في إدراكنا للزمان، وإنما مجرد تتابع للحوادث. ورأى «كانت» الزمان-لا بوصفه خاصية من خصائص العالم الخارجي، ولكن بوصفه مقولة من مقولات الذهن وضرورية لترتيب خبرتنا. وبحث علماء النفس كيف يمكن أن تشوه الانفعالات إحساسنا بالمدة والتتابع تشويها جسيما، بواسطة درجة اهتمامنا، أو إثارتنا، أو ضجرنا، أو انتباهنا. واتساقا مع هذا الخط الفكري مايز الفيلسوف الفرنسي هنري برجسون Henri Bergson بين الزمان العلمي، وبين ما أسماه «الديمومة الحقَّه» (la duree‘ re‘elle أو الزمان المعاش lived time) الذي هو زمان شعوري نفسي من حيث طبيعته، سلوكي (سيكلوجي)(*5) من حيث ترتيبه». وهناك محللون آخرون حاولوا الكشف عن طبيعة الذاكرة، الملكة التي تقوم بترتيب خبراتنا في الزمان الماضي. وإن أسرار الذاكرة موضوع جدال منذ أفلاطون، الذي افترض أن المعرفة ليست شيئا نلتقطه من الخبرة الحسية، وإنما هي بالأحرى معلومات نحتفظ بها فطريا (مختزنة في الروح قبل خبرتها بالعالم المادي الخارجي) بحيث يمكن أن نطلقها للتذكر. هذه الأوهام التي أحاطت بالذاكرة أدت بسيجموند فرويد إلى التوسع في الفكرة القائلة بأن «النسيان» ليس مسألة الإخفاق في استبقاء المعرفة، ولكنها بالأحرى فعل «كبت» تقوم به عملياتنا الذهنية اللاشعورية، كلما كانت تلك الذكريات أليمة أو مزعجة. أو بعبارة أخري، يستمر لا شعورنا خاضعا لسيطرة ذكريات الخبرات جميعا.

وفضلا عن ذلك، اتبع علماء النفس المزاعم الشائعة بأن بعض الناس يستطيعون إدراك المستقبل («استطلاع المستقبل») أو أن تراودهم مشاعر «الألفة»(منظر جديد يبدو مألوفا). وسيقت الأدلة-اقتفاء لما أورده ج. و. دن J.W. Dunne في كتابه«تجربة مع الزمان» (1938) على أن العقل يمكن أن يعمل على عدة مستويات مختلفة من الزمان، متميزة عن زمان الساعة. وسوف يتوسع الفصل السابع في تناول هذه النقاط.

وتعكس بعض أبحاث القرن العشرين-بالطبع-الثورة الحديثة في أفكار الفيزيائيين عن الزمان، الناشئة عن مؤلفات أينشتين. والواقع أن إنجازات أينشتين أرادت أن تثبت أن المفهوم النيوتوني لزمان موضوعي مطلق معياري موحد يشمل الكون، كان مفهوما خاليا من المعني، لأن ما من ملاحظ

(*5) الأول لا يخضع للقياس على عكس الثاني [المراجع].

يستطيع أن يعاين الزمان فعلا على ذلك النحو. إذ عبر المسافات الشاسعة، لا يمكن تجربة (التزامن). وذلك لأن توصيل المعلومات عبر الكون لابد أن يكون عن طريق الموجات؟ وهذا التوصيل ليس آنيا وإنما يستغرق زمنا. وموجات الضوء وغيرها من الموجات الكهرومغناطيسية هي الأسرع في الانتقال ولكن، حتى سرعة الضوء نفسها متناهية. وكلما كان الشيء بعيدا عن المشاهد، وكلما كان هذا الشيء أسرع في تراجعه عن المشاهد (مقتربا بذلك من سرعة الضوء)، كان «زمانه» الذي يستغرقه للوصول إلى المشاهد أطول. ومن ثم فإن الساعة المتراجعة بالنسبة لمشاهد ثابت (نسبيا)-بسرعة عالية غير مألوفة-يمكن أن تبدو وكأنها ذات نبض زمني مختلف عن نبضه، وهي في واقع الأمر، تتحرك ببطء. والمسألة التي يريد أينشتين إثباتها أننا لا نملك طريقا للهروب من عالم هذه المظاهر الزمانية، لأنه لا وجود لروابط آنية بين الأحداث الخارجية والمشاهد. فالزمان وجه من أوجه العلاقة بين المشاهد والكون، ولا وجود لمشاهد في وضع متميز تميزا مطلقا يجعل «زمانه»أكثر صحة من زمان غيره.

ولقد دعمت فيزياء النسبية، التي سنعرضها بمزيد من التفصيل في الفصل الخامس، اتجاها في علم الفيزياء الحديث إلى تحطيم المطلقات المنتظمة في العالم النيوتوني، وإن مبدأ عدم اليقين وميكانيكا الكم مثالان آخران على ذلك. والجدير بالذكر على نحو أخص أن نتيجة فيزياء أينشتين هي الشعور بأن الزمان مفهوم غير كاف تماما. وحاول بعض الفيزيائيين والرياضيين تخفيف هذا الشعور باستهدافهم استيعاب مفهوم الزمان تجاه مفهوم المكان؛ أو بعبارة أخرى إعادة تفسير «زمان» شيء ما في حدود النقطة التي يشغلها في المكان (ديناميكية المكان). وهذا هو مضمون فكرة متصل الزمان-المكان التي استحدثها الرياضي منكوفسكي Minkowski).

ومهما يكن من أمر، فإن الكتاب المبدعين المحدثين كانوا أبعد ما يكونون عن الشعور بالعداء لضروب عدم اليقين الجديدة التي تعرض لها الزمان الذاتي، بل ابتهجوا بارتياد مجاهله. وكان الارتياد الخيالي للنسبية نفسها نوعا من هذه المحاولات، وكان السفر في الزمان كما تصوره هـ. ج. ويلز H.J. Wells في رواية الخيال العلمي «آلة الزمان» 1895 (The Time Machine)-نواة لهذا الاتجاه. غير أنه ما من حركة تجريبية في الكتابة الحديثة تقريبا

إلا وانشغلت بالمعاني الذاتية للزمان والذاكرة في ضوء مجتمع تتزايد فيه باستمرار سرعة الأزمنة. وقد لاحظت فرجينيا وولف Virginia Woolf أن «الزمان-لسوء الحظ-وإن يكن يجعل الحيوانات والنباتات تزدهر وتذوي في مواقيت مذهلة، إلا أنه لا يؤثر مثل هذا التأثير البسيط على عقل الإنسان. ذلك أن عقل الإنسان-بالإضافة إلى ذلك-يؤثر بنفس القدر من الغرابة على هيكل الزمان.» وترتاد رواياتها مثل «إلى الفنار» 1927 (To The Lighthouse) الزمان الشخصي بوصفه تتابعا للأفكار والخبرات التي يرتبط بعضها بالبعض الآخر في الشعور الفردي بواسطة تداعيات ذات معني. وامتدادات الزمان وانقباضاته في رواية بروست «بحثا عن الزمن الضائع» A La Reherche du Temps Perdu (1922-27) ورواية جيمس جويس James Joyce «يقظة فينيجان» (Finnegan‘s Wake 1939) ترتاد على نحو مماثل-المنطق الفريد للزمان العقلي. وانشغلت أيضا «الموجة الجديدة» من الروائيين الفرنسيين المحدثين من أمثال آلان روب-جرييه Alain Robbe Grillet و مرجريت دورا Marguerite Duras بالزمان من حيث هو تجربة معاشة. وفي هذا رجعوا من ناحية إلى فكرة برجسون عن الزمان بوصفه «الديمومة الحقيقية» La Dure‘e ree‘lle واستعاروا-من ناحية أخري-الأساليب الفنية السينمائية مثل اللقطات المستقبلية واللقطات المرتدة إلى الماضي (وهي أساليب فنية لا تتاح بسهولة للمسرح التقليدي حتى وإن تحرر هذا المسرح من وحدة الزمان الأرسطية). وأسرفت الحركة المستقبلية التي انتشرت في عشرينيات هذا القرن في حمايتها لرومانسية السرعة التي افتتن بها العالم الحديث-كما فتنت بإيقاع التغير التي تتزايد سرعته، ودمغت كل ما ينتمي إلى الطراز القديم. وسلطت الوجودية الأضواء مرة أخري على المفارقات اللامعقولة المرعبة التي تكتنف موقف الإنسان في الزمان، في مؤلفات تمتد من أسطورة سيزيف (1950) لمؤلفها ألبير كامي وحتى مسرحية «في انتظار جودو» (1952) تأليف صمويل بيكيت. وهكذا طرحت الثقافة الحديثة جانبا مفاهيم الزمان التقليدية.

تذييل

لعلنا نجترئ على الحقيقة إذا اعتقدنا أننا الآن قد فهمنا الزمان. ذلك

أن البحوث العلمية والفلسفية تتمخض عن مشكلات جديدة أكثر مما تقدم من حلول. غير أن الوعي بالزمان تغير تغيرا حاسما خلال تطور الثقافات الإنسانية. فنحن نعيش الآن في مجتمع أضحت فيه خبرتنا اليومية بالزمان تقل شيئا فشيئا عن أن تكون مجرد خبرة بالإيقاعات البيولوجية الطبيعية وأخذت تنحو أكثر فأكثر إلى التكيف مع التنظيم المركب، العقلاني للعمل الآلي، ومع المدنية، والساعة. وفضلا عن هذا كله نحن نحيا في مجتمع طرأ عليه تغير هائل، ومازال يتغير على نحو أسرع بحيث أصبح قانونه هو التغير المستمر (الذي نفسره رسميا على أنه تقدم). ومن ثم، فان الوعي بالزمان يتخلل كل شيء لأن الزمان بوصفه عامل التغيير (الماضي والمستقبل) يسيطر على ثقافتنا. ولم يعد الزمان دوريا، بل صار تطورا. ونحن جميعا أبناء الزمان وينبغي ألا ننسى أن الزمان يلتهم أبناءه.

روي بورتر

2 الأرض السابحة في الفضاء

منذ حوالي 4500 مليون سنة وقبل أن تتشكل الأرض بزمن طويل كان نجمها الأصلي، الشمس، يطلق كتلته في الفضاء على هيئة طاقة. والقدر الضئيل الذي يرتطم بالأرض جعل تطور الحياة نفسها ممكنا، وأمد الإنسان بحرارته وطعامه، وبالطاقة اللازمة للتطوير التكنولوجي في العصور الأحدث عهدا وعاش الإنسان وأسلافه ملايين السنين حياة تنظمها الشمس كل يوم، وكل فصل. وهكذا أثرت الشمس تأثيرا أساسيا على تطور الإنسان، وعلى الحياة كلها من حوله. فلا عجب أن كانت الشمس هي أقدم إله للإنسان، وظلت ولا تزال أعظم تجل للأرباب في كثير من المعتقدات.

ولم يكن الإنسان الذي عاش منذ مليون سنة خلت، يهتم بشيء حقا أكثر من اهتمامه ببدء ضوء النهار ونهايته، أو بحركة ارتفاع الشمس في السماء أثناء النهار ذلك الارتفاع الذي يؤثر على مدى ما يتمتع به الإنسان من دفء وعلى ما يحققه في طعامه من وفرة. وكان هذا هو الذي مهد الأساس لعلم الفلك. وانقضت عدة آلاف من السنين قبل أن يعني أسلافنا-عن كثب-بدراسة سلوك الشمس وشبيهها الشاحب، القمر ولكن كان من المعروف

منذ أمد بعيد أن الشمس والقمر. يدوران في حركة دورانية يبزغان في الاتجاه نفسه تقريبا، ويعبران السماء، صوب الأفق المقابل ليغربا كل يوم في اتجاه واحد تقريبا.

ونشأت المدنيات الكبرى في العالم القديم في منطقة خطوط العرض المعتدلة من الأرض حيث تتراوح مدة ضوء النهار من ثلث اليوم («واليوم» عبارة عن دورة كاملة لحركة الشمس حول السماء) في الشتاء إلى ثلثيه في الصيف.

وأدرك الفلكيون القدماء وجود حركة أخرى للشمس إذ من الممكن تحديد وضعها بالنسبة للنجوم الأساسية بقياس الزاوية بين الشمس وبين نجم ساطع في السماء وقت الشفق. وأصبح من الواضح أن الشمس تتحرك عبر خلفية من النجوم الثابتة، وتستغرق سنة واحدة («السنة» هي الزمان الواقع بين حادثتين كان يكون بين اعتدال ربيعي والاعتدال الذي يليه أو بين أيام منتصف الصيف والصيف الذي يليه) لإتمام دورة واحدة للقبة السماوية، وهي القبة الظاهرة من النجوم الثابتة التي تبعد عنا بعدا لا متناهيا وتحيط بالأرض وتدور-ظاهريا حولها كل يوم. وبدراسة وضع شروق الشمس أو غروبها بالنسبة لصفوف من الأحجار أو الأشياء الطبيعية مثل قمم الجبال- استطاعت قبائل كثيرة من بني الإنسان في العصور القديمة ملاحظة أن الشمس ابتداء من النصف الثاني للشتاء (في نصف الكرة الشمالي) تأخذ في الارتفاع لتبتعد أكثر فأكثر ناحية الشمال إلى أن ينتصف الصيف وعندها يبلغ شروق الشمس وغروبها أبعد نقطة في الشمال. وعلى ضوء ملاحظة امتدت سنوات طويلة للوقت التقريبي لحلول منتصف الصيف، أدرك الإنسان مرور حوالي 365 يوما (مرات عبور الشمس للسماء) هي عدد أيام السنة الواحدة (مرات انتقال الشمس عبر نجوم القبة السماوية). ورأي كذلك اثنى عشر «قمرا» تقريبا تناظر دورة واحدة لأوجه القمر.

كانت هذه هي المعطيات التي لاحظها الإنسان والتي بنى عليها الفلكي الإغريقي بطليموس صورته عن الكون، وهي صورة كان من المقدر لها أن تدوم ما يزيد على ألف وربع الألف من السنين، وأن تكون مسئولة عن مثل هذا التأخر المدمر الذي أصاب تقدم علم الفلك. فقد وضع نموذج بطليموس الأرض في مركز الكون (حيث بدا من الواضح-إن توخينا العدل-أنها كذلك)



الكون في نظر المصريين القدماء. ويمثل واحدة من اقدم محاولات الإنسان تفسير طبيعة الكون من حوله. الآلهة نوت مرتكزة على أصابع يديها وقدميها وتمثل السماء. والإله حب مضطجعا تحتها ويمثل الأرض. والإله شو واقفا ويمثل الهواء. والإله شو له راس كبش ويقف على الجانبين. وهذه اللوحة عن الأوراق الجنائزية للأمير نسى تاينب تاشرو حوالي عام970 ق. م.

أما الشمس والقمر والكواكب والنجوم فهي تدور جميعا حول الأرض كل على بعده الخاص منها يسبح في فلك واضح المعالم محددا لا يتغير. وتشكل النجوم أبعد مجال خارجي. وعلى هذه الخلفية تتحرك سائر الأجرام السماوية الأخرى.

وبالطبع كان من الواضح أن هذا النموذج أبسط من أن يتلاءم مع الحركات الملاحظة للكواكب، أو أن يتنبأ بمواقعها حتى ولو بشيء من الدقة الأولية التي كان ينشدها الإغريق بوصفهم رياضيين متخصصين وبالتالي أصيب هذا النموذج بالتعقيد نتيجة لما أضيف إليه من نظم أفلاك تدوير وأفلاك توازن وأفلاك توصيل، بحيث يحتاج الأمر تقريبا إلى حاسب حديث للسيطرة عليه. غير أن هذا النظام كان يفسر-على الأقل-المواقع الملاحظة للأجرام السماوية، كما كان يزودنا بتفسير لأطوال الأيام المتباينة وللفصول المتغيرة.

وعندما اقترح كوبرنيكوس Copernicus في شيء من التردد وضع الشمس في مركز الكون بدلا من الأرض، أصبحت التفسيرات أيسر في بعض الحالات، وأصعب في بعضها الآخر.

اليوم:

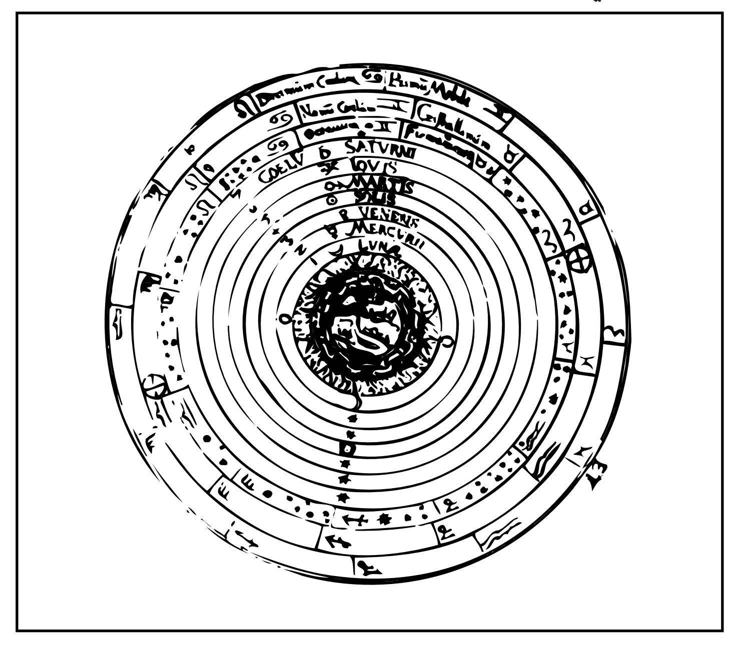
ما اليوم؟ إنه يعني في الحديث الشائع شيئين، فهو يعني النهار أي الوقت الذي تكون فيه السماء مضيئة مقابل الليل الذي تكون فيه السماء مظلمة، كما أنه يعني 24 ساعة بحساب الساعة الدالة على الوقت، وخلال هذه الساعات الأربع والعشرين يبقى تاريخ واحد على التقويم السنوي وفي



كلوديونس بوطولومي (المولود عام 75 م) عالم الفلك الإغريقي الذي قال إن الأرض محور المجموعة الشمسية وان الكواكب تدور حول الأرض في أفلاك دائرية وأفلاك تدوير فرعية. وقد أعاقت نظريته تقدم علم الفلك لحوالي1500 سنة. لماذا؟ كان نظامه هو الأفضل للملاحة البحرية وضبط الوقت بالقياس إلى المحاولات السابقة التي قالت إن الكواكب تحيط بالشمس.

نموذج كوبرنيكوس القائل بمركزية الشمس للكون، يتناظر هذان المعنيان لليوم مع نتيجتين لدوران الأرض حول محورها القطبي. أما النتيجة الأولى وهي ساعات ضوء النهار فأمر يسير الفهم، ويتجاوب تماما مع النموذج البطليموسي فالسماء تكون مشرقة حينما يكون الجزء الذي تسكنه من الأرض مواجها لضوء الشمس. وسواء كان غروب الشمس نتيجة لاختفاء

الشمس تحت الأرض، أو أن الأرض هي التي تحولت عن الشمس وابتعدت بنا عنها فأمر لا أهمية له. أما «اليوم» الحقيقي، يوم الأربع والعشرين ساعة، فهو أكثر من ذلك تعقيدا. ففي الكون الذي قيل إن الأرض مركزه (المتمركز حول الأرض)، تستطيع أن تلاحظ عبور الشمس للسماء عن طريق الظل الذي تلقيه على المزولة الشمسية. وعندما يصل ظل شاخص المزولة إلى النقطة نفسها التي بلغها بالأمس تكون الشمس قد دارت دورة واحدة حول الأرض، وهذا هو اليوم الذي يتكون من أربع وعشرين ساعة. ولكن الواقع هو أن الأرض تدور حول محورها، وتدور حول الشمس في مدارها السنوي، فهناك إذن مشكلة مباشرة.



صورة ترجع إلى القرن السادس عشر توضح نظام المجموعة الشمسية والأرض محورها. نرى في الوسط الأرض والعناصر الأرسطية الثلاث: الماء والهواء والنار (في تتابع ناحية محيط الدائرة)؛ وفي الخارج كرات تمثل القمر وعطارد والزهرة والشمس والمشترى والجبار وزحل والنجوم الثوابت.

والطريقة الوحيدة التي يمكن بها قياس دورة واحدة للأرض من دورانها حول محورها قياسا دقيقا هي بمقارنتها بمواقع النجوم، لأنها أجرام بعيدة

كل البعد بحيث تصبح الحركة السنوية للأرض حول مركز مدارها الذي يبعد 150 مليونا من الكيلومترات-شيئا لا يعتد به. ومن ثم فان دورة كاملة للأرض حول محورها هي الزمان الذي ينقضي حتى يعود نجم إلى ذات النقطة في السماء التي لحظناه فيها من قبل. وبعبارة أخرى، دورة واحدة للأرض في نظام كوبرنيكوس تناظر دورة واحدة لمجال النجوم الثابتة في الكون البطليموسي.

لكن مواقع النجوم الثابتة-باستثناء دلالتها التنجيمية-لم تكن ذات شأن بالنسبة للفلكيين القائلين بأن الأرض هي مركز الكون كما لم يكن لها أي أثر على تحديد طول اليوم. والواقع، أن استخدام النجوم الثابتة لهذا الغرض قد يكون ضربا من الغباء الشديد: فالشمس تتحرك عبر المجال النجمي، ومن ثم فإننا لو تصورنا أننا حددنا منتصف اليوم بوصول نجم معين إلى سمته (أي اللحظة التي يكون فيها النجم في أعلى موقع له في السماء حينما يكون على خط مستقيم مع الجنوب، إذا لوحظ من نصف الكرة الشمالي)، فقد تكون الشمس بلغت سمتها في السماء. وهو ما يعني أننا نقضي ستة أشهر في الظلام ونحن في «منتصف اليوم» كما حدده النجم.

سبب ذلك أن الأرض تدور حوالي 365 مرة حول محورها في الوقت الذي تقوم فيه برحلة واحدة حول الشمس، وفي يوم واحد تقطع الأرض حوالي 1° من مدارها الذي مقداره 360° حول الشمس. ويبدو لنا هذا ونحن على الأرض وكأن الشمس تحركت 1° تجاه الشرق يوميا بالنسبة للنجوم. وعلى العكس من ذلك، فإن أي نجم معين سيبدو وكأنه ابتعد 1° نحو الغرب كل يوم في نفس الزمان الشمسي الظاهري محليا. ومن ثم فإن اليوم النجمي، أي اليوم الذي يقاس بالنجوم ويناظر دورة واحدة للأرض حول محورها، لا يستخدم أساسا لزمان الساعات عندنا. والدرجة الإضافية 1° التي تكتسبها الشمس يوميا تعني أن الأرض تأخذ $\frac{1}{365}$ إضافية من الأربع والعشرين ساعة لإتمام دورة واحدة بالنسبة للشمس وهذه النسبة $\frac{1}{365}$ من الأربع والعشرين ساعة تقل عن أربع دقائق.

ولا أهمية للزمان النجمي في الحياة اليومية للغالبية العظمى من الكائنات التي تعيش على الأرض.. والاستثناء الوحيد هم الفلكيون أنفسهم، لأنهم بحاجة إلى معرفة مواقع النجوم في السماء بالنسبة لمناظيرهم المقربة

(تلسكوبات)، ولابد لهم من تصويب هذه المناظير بدقة نحو النجم بينما تدور الأرض بالنسبة للقبة السماوية التي تضم النجوم الثابتة. وبهذا، تحتفظ المراصد بساعات نجمية تُضبَّط بحيث تكتسب يوما واحدا بالضبط في السنة الواحدة، أي ما يقل عن أربع دقائق يوميا، ويتم تحريك المناظير المقربة لتقوم بدورة واحدة كل يوم نجمي لمتابعة النجوم.

الشهر:

إذا كنت تنظر من خلال تلسكوب إلى القمر (أو إلى الشمس نظريا على الأقل: لأن النظر إلى الشمس من خلال تلسكوب يعتبر طريقة مؤكدة للإصابة بالعمى) فلابد أن تضبط حركته بحيث يسمح بالحركة الظاهرة للقمر أو الشمس عبر القبة السماوية. والحركة الظاهرية للقمر أسرع من حركة الشمس. فإذا بدأنا من القمر الوليد أي وهو هلال لشهر واحد، عندما يقع القمر في خط واحد مع الشمس في السماء (وإن لم يكن بالضرورة في مواجهة قرص الشمس، لأن هذا لا يحدث إلا أثناء كسوف الشمس)، فإن القمر يقوم بدورة واحدة حول القبة السماوية متجها إلى الشرق فيما يزيد قليلا عن 27 يوما. وهذا ما يسمى بفترته النجمية، وهو الزمان الحقيقي الذي يستغرقه القمر لإتمام مدار واحد حول الأرض. غير أن الشمس تكون قد تحركت في شهر نجمي واحد نحو الشرق في القبة السماوية بمقدار 27° تقريبا، وهذا ما يقطعه القمر في يومين إلى أن يظهر القمر الوليد أو الهلال مرة أخرى. والوقت الإجمالي الذي يقطعه القمر في التحول من هلال إلى هلال آخر جديد، مدركا للشمس بحوالي 12° يوميا، يسمى دورة اقترانية Synodic Period، ومقدارها $29\frac{1}{2}$ يوما. وهناك ما يزيد قليلا عن 12 شهرا اقترانيا في السنة، مناظرة لـ«أقمار» الهنود الحمر وأجناس أخرى، وهو أكثر شهر طبيعي (كلمة شهر «month» تعني أيضا «قمر» Moon) بين التعريفات المتعددة الممكنة.

ومهما يكن من أمر، فإن حركات الكواكب والتوابع حول أجرامها الأولية ليست متماثلة: وذلك بسبب التنوعات في حركة القمر حول الأرض، ونظام الأرض/القمر حول الشمس، وكذلك تتباين أطوال الشهور النجمية والقمرية، والمقادير التي أوردناها آنفا ما هي إلا متوسطات. وفي هذا مزيد من

التعقيد فيما يتعلق بتعريف الزمان بواسطة الشمس التي هي أساس نظامنا اليومي لقياس الزمان.

الزمان بواسطة الشمس:

قبل اختراع الأجهزة الآلية التي تشير إلى مرور الوقت على وجه الدقة، كان أقرب زمان لمن يحتاج إلى معرفة الزمان المطلق، في مضاد فترة من الزمن، هو الزمان الذي تمليه الشمس. وحتى عهد قريب جدا من تاريخنا، كان شروق الشمس، والظهر، وغروب الشمس أوقاتا كافية للغالبية العظمى من الناس، إذ تشير إلى الوقت حين تبدأ العمل، وحين تأكل، وحين تأوي إلى فراشك. وكانت المزولة الشمسية تهذيبا واضحا لهذه الوسيلة، وسنرى في الفصل التالي، وجود عدد كبير من التصميمات المختلفة لها. ولم يطل الوقت بعد اختراع المزولة الشمسية لكي يصبح من الواضح بعد مقارنتها بغيرها من طرائق قياس الزمن-أن الشمس يمكن أن تكون «مسرعة» أو «بطيئة» حسب الوقت الذي تكون فيه من السنة.

ففي وقت الظهيرة وفقا للساعة، نجد أن الشمس في شهر نوفمبر تتجاوز دائرة خط الزوال meridian بحوالي 15 دقيقة، وهو خط وهمي ويمتد عبر سمائنا من السمت (فوق الرأس) إلى نقطة الجنوب على الأفق. (وعبارة دائرة خط الزوال Meridian تعني منتصف اليوم Middle of the day وفي فبراير تبطئ الشمس بحوالي 15 دقيقة، على حين أنها خلال أشهر الربيع والصيف تكسب وتفقد ما بين أربع إلى ست دقائق في دورتين. والواقع أن المزولة الشمسية لا تعطي قياسا دقيقا إلا في أربعة أيام فقط في السنة هي حوالي 17 أبريل و 14 يونيو و 2 سبتمبر و 25 ديسمبر.

هذه الحركة الظاهرية غير المتسقة للشمس ترجع-كما ذكرنا آنفا-إلى الحركة غير المتسقة للأرض في مدارها بالإضافة إلى تأثير آخر يرجع إلى ميل محور الأرض، الذي سنعود إليه قريبا.

وبعد أن حرر نيكولاوس كوبرنيكوس 1473 (1543-Nicolaus Copernicus) عقول الناس من أغلال مركزية الأرض التي بثت دعائمها نظرية بطليموس (وإن يكن أريستارخوس Aristarchus الإغريقي قد افترض قبل بطليموس بأربعمائة عام-أن الكواكب تدور حول الشمس)، أصبحت حركات الكواكب

أيسر للفهم بمعنى أساسي، غير أن دقة قياسها والتنبؤ بمواقعها صار أكثر صعوبة. والواقع أن كوبرنيكوس وكثيرا من معاصريه ارتدوا إلى الدوائر الصغيرة التي فرضت على المدارات الكوكبية الدائرية لتفسير لماذا كانت الكواكب، والأرض من ضمنها-متقدمة-متقدمة تارة ومتأخرة أخرى عن مواقعها المرتقبة، مع تباين يتسم بكل خصائص الوظيفة الدائرية لفلك التدوير(*).

وكانت إحدى المشكلات هي الافتقار إلى المعطيات الدقيقة حق الدقة فيما يتعلق بالمواقع. فلم يكن التلسكوب قد اخترع بعد: ومن ثم كانت كل المقاييس تؤخذ بأدوات تستخدم العين المجردة فقط ومن حسن الحظ بالنسبة لعلم الفلك أن اثنين من العلماء كانت اهتماماتهما بالموضوع جد مختلفة-جمعتهما الصدفة معا في ذلك العصر وهما: تيخو براهي 1601-1546 (Tycho Brahe)، ويوهانس كبلر 1630-1571(Johannes Kepler). فقد أقام تيخو براهي وهو دنمركي ينحدر من أصل نبيل-أثناء حياته النابضة بالحيوية والازدهار. أفخم مرصد للعين المجردة أقيم على الإطلاق آنذاك، فوق جزيرة هفن Hven الواقعة على مبعدة من الساحل الأطلنطي للدنمارك. وهذه الجزيرة التي كانت هدية من الملك فردريك الثاني ملك الدانمارك، كان يحكمها تيخو على نحو يمكن أن يوصف أحسن وصف بأنه استبدادي. وقد شيد مرصده الذي يسمى يورانيبورج Uraniborg، وجهزه بأدوات لا مثيل لها في الدقة، وظل زهاء عشرين عاما يجمع أدق وأشمل القياسات الخاصة بالنجوم والكواكب التي لم يصل إليها أحد أبدا. وفي عام 1596 عقب وفاة راعيه الملكي رحل تيخو عن الدانمارك بسبب علاقته التي وصلت إلى أسوأ حال مع أهالي هفن وأعضاء البلاط الجدد. وفي نهاية المطاف، أقام مرصدا في براج حيث انضم إليه شاب أثر كتابه الأول في تيخو العجوز. وكان هذا الشاب هو يوهانس كبلر.

وكان كبلر، باستخدامه لقياسات تيخو التي جمعت بمثل ذلك الإصرار على مدى اكثر من عشرين عاما في يورانيبورج، هو الذي خطا الخطوة النهائية التي أخرجت علم الفلك من العصور المظلمة. وكان تيخو نفسه يؤمن إيمانا راسخا بأن الأرض مركز الكون، وإن كان قد وضع نظاما هجينا خاصا به تدور فيه الشمس حول الأرض، وتدور بعض الكواكب فيه حول

(*) دائرة صغيرة يدور مركزها على محيط دائرة كبرى-المراجع.

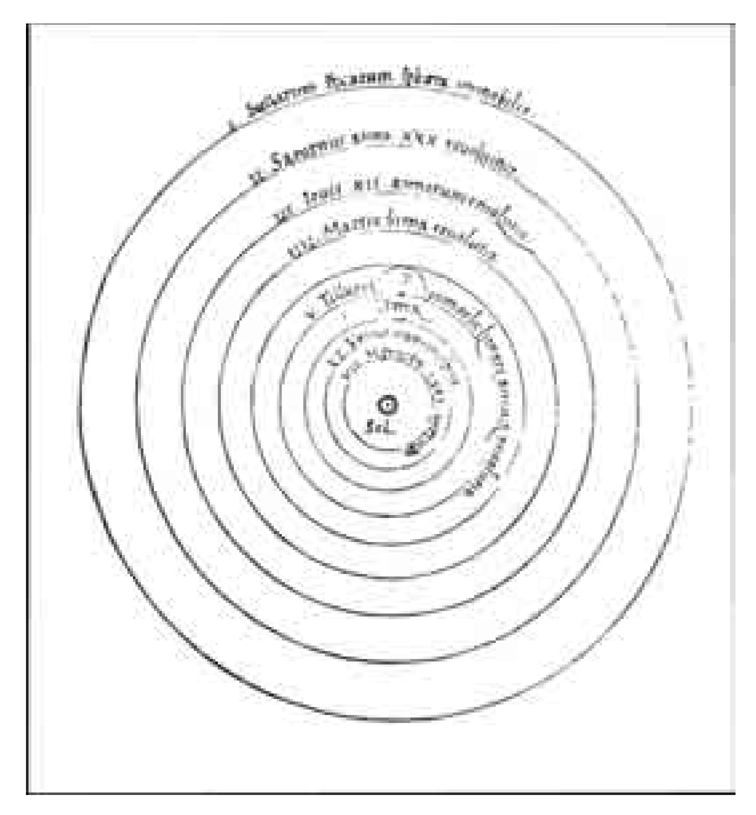
الشمس. وكان كبلر عميق الاهتمام بالتنجيم غير أنه هو وكوبرنيكوس معا، استطاعا في نهاية الأمر تطليق علم الفلك من علم التنجيم وتمهيد الطريق للإنجاز الذي حققه كل من نيوتن وأينشتين.

والفتح العلمي الذي حققه كبلر هو أنه استنبط تجريبيا من ملاحظات تيخو، وبخاصة ملاحظاته المتعلقة بكوكب المريخ أن الكواكب لا تتحرك في دائرة كبيرة وصغيرة، وإنما في أفلاك إهليلجية بحيث تقع الشمس في إحدى بؤرتي القطع الناقص. وهكذا كانت الأفلاك غير دائرية المدار: إذ تكون الكواكب أقرب إلى الشمس في جزء من فلكها منها في النقطة المقابلة. وبالإضافة إلى ذلك لم تكن حركة الكوكب حول فلكه الاهليجلي متسقة، فالكوكب يسافر بسرعة أكبر كلما اقترب من الشمس، ومن ثم تصل سرعته الزاوية حول الشمس أقصاها (وأقصى سرعته خلال الفضاء) عندما يكون في أقرب نقطة، التي هي نقطة الذنب Perihelion.

وتصل الأرض نقطة الذنب في أوائل يناير، بعد الانقلاب الشتوي مباشرة (أقصر يوم) في نصف الكرة الشمالي. وتكون حينذاك على بعد. 147 مليونا من الكيلومترات من الشمس. وفي النقطة المقابلة من فلكها أي في نقطة الرأس التي تبلغها الأرض في أوائل يوليو، تكون المسافة 152 مليونا من الكيلومترات من الشمس.

وفي نقطة الذنب تكون الحركة الظاهرة للشمس عبر القبة السماوية، أعنى الحركة اليومية للشمس حول مدارها، أسرع بما يزيد قليلا عن 3٪ من الوقت الذي ينبغي لها إذا حافظت تماما على وقعت المزولة الشمسية. ومن ثم ففي كل يوم متتال في مثل هذا الوقت من السنة تقريبا ترى الشمس على خط مستقيم مع الجنوب متأخرة قليلا عما ينبغي لها. ويبدأ الخطأ في التزايد عند حلول الشتاء، ويتناقص عند اقتراب الربيع، بحيث إنه ابتداء من موقعها الذي سرعته دقيقة-والذي يقترب من أول نوفمبر- تبدأ الشمس في فقدان الزمن بمعدل متزايد حتى تصل إلى نقطة الذنب في أول يناير، وفي هذا التاريخ تكون المزاول الشمسية بطيئة جدا، وتزداد بطئا حتى نصف فبراير عندما تبدأ الشمس ظاهريا في استرداد سرعتها مرة أخرى.

هذه الدورة السنوية تسبب تنوعا في الزمان الشمسي الظاهري (الذي

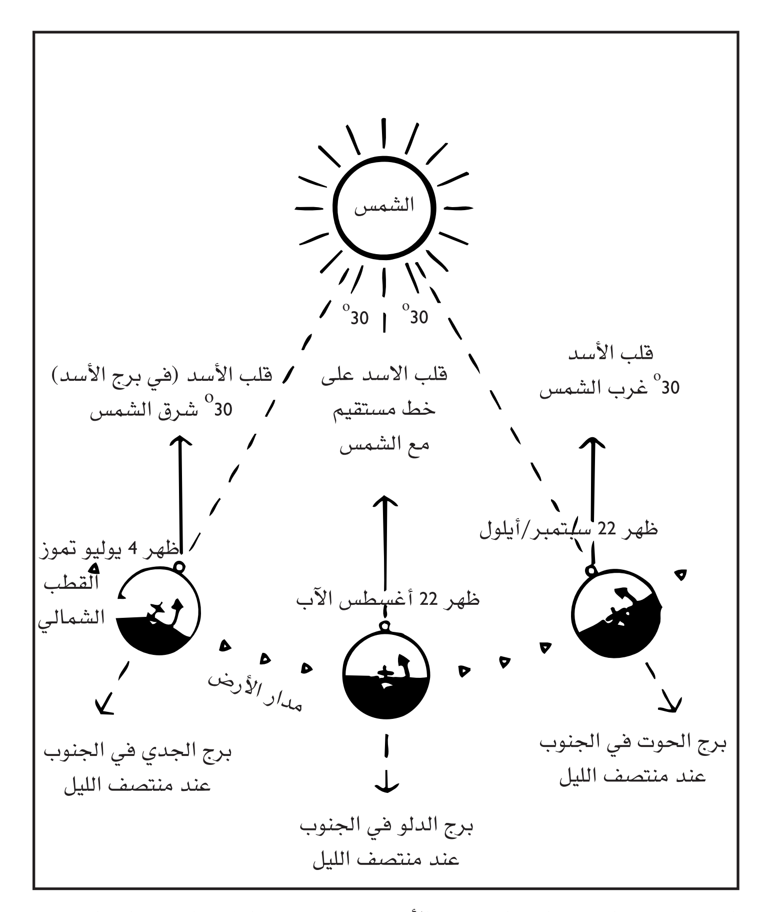


صورة توضيحية لنظرية كوبرنيكس عن المحورية الشمسية حيث تظهر الشمس في مركز المجموعة الشمسية.

يقال عنه أيضا إنه «حقيقي»)، كما يقرأ في المزولة الشمسية، ومعدل التواتر لهذا التنوع سنة واحدة. أو بعبارة أخرى، لو أن هذا هو التأثير الوحيد على الزمان الشمسي الظاهري، فإن المزاول الشمسية تكون سريعة في الخريف، بطيئة في الربيع، ويكون هذا هو كل ما في الأمر. ولكن لسوء الحظ بالنسبة للزمان الشمسي، هناك تأثير آخر ينبغي أن يوضع في الاعتبار.

الفصول:

تتحرك الشمس عبر القبة السماوية للنجوم الثابتة مرة كل عام في



راصد يقف في النصف الشمالي للكرة الأرضية يرصد في ثلاثة تواريخ خلال الصيف مواقع الشمس والنجم قلب الأسد في برج الأسد. ويفصل بين كل تاريخ وآخر حوالي شهر تقريبا ؛ وتظهر ثلاث كواكب مختلفة في دائرة البروج في الجنوب مباشرة في كل تاريخ من التواريخ الثلاثة وحسب الحركة الظاهرة للشمس بين النجوم تجاه الشرق، تدور الشمس مرة واحدة حول محورها بالنسبة إلى النجوم في مدة تقل عن الأربع والعشرين ساعة الكاملة بحوالي أربع دقائق.

مسار محدد تحديدا تاما. وهذا المسار يمكن أن يرسم-وهو مرسوم فعلا على خرائط النجوم: ويسمى فلك البروج، ويمثل مستوى مدار الأرض ممتدا إلى مالا نهاية حتى يبلغ القبة السماوية التي من المفترض-كما رأينا آنفا-أن تكون كرة ذات نصف قطر لا متناه. ويشير فلك البروج إلى الحركة

السنوية للشمس وكل جانب منه عبارة عن شريط ضيق-إلى حد ما-من السماء نجد فيه الكواكب جميعا (فيما عدا بلوتو Pluto) وكثيرا من الكويكبات السيارة (النجمية الشكل)، وأجراما أخرى كثيرة في المجموعة الشمسية، لأن معظم أسرة الشمس لها أفلاك في المستوى نفسه من الفضاء. وهذا الشريط من السماء يضم تجمعات النجوم (الأبراج) المسماة الحمل Aries والثور Taurus. والجوزاء yemeni، والسرطان Cancer، والأسدLeo ، والعذراء Virgo ، والميزان Libra... الخ أي البروج المألوفة التي تضمها دائرة البروج Zodiac .

وتدور الشمس يوميا حول محورها بزوايا تتعامد تقريبا على مستوى فلكها الذي هو فلك البروج. ولا يكون هذا المحور إلا بزوايا قائمة تقريبية جدا، والواقع أن هناك زاوية ميل قدرها $23\frac{1}{2}^{o}$ بالنسبة للزاوية القائمة الحقيقية، أو بعبارة أخرى توجد زاوية مقدارها $23\frac{1}{2}^{o}$ بين مستوى فلك البروج ومستوى خط الاستواء الأرضي. ودوران الأرض على محورها له قوة دفع زاوية ملحوظة، ولما كان من الضروري وجود قوة ملحوظة لتغيير اتجاه قوة الدفع هذه، فإن دوران الأرض يسلك مسلكا شبيها بمسلك الجيروسكوب(*1) Jyroscope ومحورها المستخدم لجميع المقاصد والأغراض، فتكون متجهة دائما في الفضاء اتجاها واحدا. والواقع أننا نستطيع أن نمد خط محور الأرض من القطبين في الفضاء حتى يلتقي بالقبة السماوية، والنقطتان اللتان يلتقي فيهما بهذه القبة تسميان القطبان السماويان. وتبدو النجوم جميعا وكأنها تدور حول القطبين السماويين يوميا بسبب دوران الأرض حول محورها، غير أن القطبين السماويين ثابتان. وهناك نجم ساطع بدرجة معتدلة-يسمى نجم القطب أو الفرقد Polaris بالقرب من القطب السماوي الشمالي. وعلى الرغم من أن هذا النجم يدور دورة صغيرة جدا في السماء لأنه يبعد 1^{o} من القطب السماوي الشمالي الحقيقي فإنه يكاد تماما يعمل عمل نجم قطبي جيد جدا.

ولو كان محور الأرض قائم الزوايا على فلكه-أعني على خط مستقيم واحد مع محور فلك البروج، فمان فلك البروج يكون بالضبط فوق رأس شخص يقف على خط الاستواء الأرضي، وإذا طلعت الشمس فإنها تكون

(*1) الجيروسكوب أداة تستخدم لحفظ توازن الطائرة أو الباخرة ولتحديد الاتجاه.. الخ (المورد).

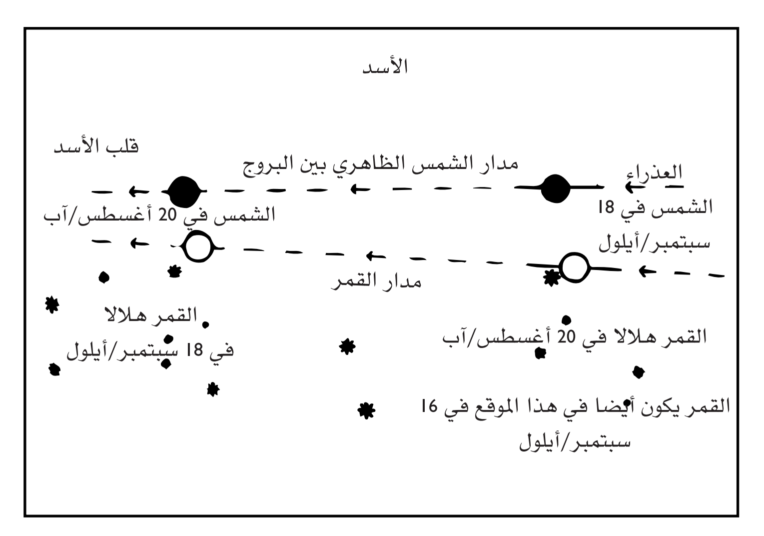
متجهة نحو الشرق، فتعبر فوق الرأس مباشرة عند خط الاستواء وتغرب ناحية الغرب. ويكون لكل يوم طول واحد، أيا كان موضعك على الأرض. وعند القطبين، يشطر الأفق الشمس نصفين أثناء دورانها حوله.

وفي واقع الأمر، هذه الحال لا تكون إلا في الاعتدالين فحسب، عندما تكون الشمس فوق الرأس عند خط الاستواء. ونظرا لميل المحور القطبي فإن النصف الشمالي من الكرة الأرضية ينحرف بعيدا عن الشمس أثناء الأشهر التي تمتد من منتصف سبتمبر إلى منتصف مارس. وفي الوقت نفسه يميل نصف الكرة الجنوبي نحو الشمس. والعكس صحيح خلال الأشهر الأخرى. ومن ثم فإن الشمس تكون أكثر ارتفاعا في السماء في أوقات منتصف النهار المتتالية مع اقتراب انقلاب منتصف الصيف، ثم تكون أكثر انخفاضا وقت الظهر حتى انقلاب منتصف الشتاء.

والآثار المترتبة على ذلك مركبة وبعيدة المدى. فبسبب ضوء الشمس المباشر المتزايد والحرارة، تكون أشهر الصيف أشد سخونة من أشهر الشتاء في المناطق المعتدلة من الأرض. وبالقرب من خط الاستواء حيث تتعامد الشمس دائما تقريبا فوق الرأس عند الظهيرة ($23\frac{1}{2}^{\circ}$ هو أقصى ما يمكن أن تبلغه في كل من الانقلابين) يكون المناخ استوائيا ولا يتنوع إلا تنوعا ضئيلا باستثناء الفصول الممطرة. أما في خطوط العرض المتوسطة فإن تغير الفصول يأتي نتيجة لميل الأرض، مصحوبا بالآثار الواضحة لهذه الفصول على حياة الحيوان والنبات التي تسكن كوكب الأرض. وكلما ابتعدت عن خط الاستواء، كان التباين أعظم بين الصيف والشتاء.

لذلك فإنك في وقت الظهيرة أثناء يوم من أيام منتصف الصيف في نصف الكرة الشمالي الذي يحل في 21 يونيو تقريبا، لو استطعت على سبيل المثال أن تسافر فورا من خط الاستواء متجها إلى الشمال، فإنك تصل إلى نقطة تكون الشمس فيها عمودية. ويكون هذا عند زاوية ارتفاع قدرها $23\frac{1}{2}^{\circ}$ شمالا، أي عند مدار السرطان الذي يحدد أقصى نقطة شمالية يمكن أن تكون فيها الشمس عمودية تماما.

فإذا توغلنا شمالا وقت الظهيرة في الانقلاب الصيفي، تكون الشمس آنذاك فوق خط الزوال، حيث أوقفناها مؤقتا في الشطر الجنوبي من السماء. وخط الاستواء السماوي الذي كان عموديا فوق رؤوسنا في بداية



مقارنة بين مواقع الشمس والقمر مقابل النجوم على مدى فترة شهر قمري. (لاحظ أن مواقع القمر في هذه الشهور سوق تختلف خلال السنوات التالية نظرا لأن مدار القمر بين النجوم يتغير تغيرا واضحا مع الوقت، ولاحظ أيضا أن قرص كل من الشمس والقمر لا يتطابقان مع الحليفة.)

رحلتنا، يعبر الآن خط الزوال متجها إلى الجنوب، ولكنه يواصل انخفاضه في السماء شيئا فشيئا كلما أسرعنا صوب الشمال. فلا نلبث أن نصل إلى خط عرض يعبر فيه خط الاستواء السماوي خط الزوال متجها إلى الجنوب عند زاوية ارتفاع $23\frac{1}{2}°$. وفي الاتجاه المقابل، المتجه نحو الشمال، يكون خط الاستواء السماوي $23\frac{1}{2}°$درجة تحت الأفق: فإذا كان لنا أن نستريح من رحلتنا عند هذه النقطة ونسمح بانقضاء اثنتي عشرة ساعة، فسوف نجد أن الشمس في منتصف الليل تتجه شمالا وتظهر عند حافة الأفق. ولابد أن يكون الأمر كذلك بالطبع، مادامت الشمس في هذه اللحظة تكون شمال خط الاستواء السماوي بمقدار $23\frac{1}{2}°$. بلغنا الآن بلاد شمس منتصف الليل. وفي وقت لا يزيد عن أيام قلائل، سوف تكون الشمس قد واصلت رحلتها حول خط الزوال وتحركت درجة أو ما يشبه ذلك صوب الجنوب، وستختفي الآن تماما عند منتصف الليل. وإذا استرحنا بعد ذلك فترة أطول وانتظرنا هناك ستة أشهر أخرى، فسنجد أنه في يوم الانقلاب الشتوي لن تشرق الشمس حتى في وقت الظهيرة. والمكان الذي استرحنا

فيه طويلا يقع على خط عرض $66\frac{1}{2}$ شمال، وعلى بعد $23\frac{1}{2}°$ من القطب الشمالي، كما أنه واقع على الدائرة القطبية الشمالية.

وأخيرا، ينبغي أن نقضي سنة واحدة في القطب الشمالي نفسه. ففي هذا اليوم من منتصف الصيف، نستطيع أن نراقب الشمس في السماء، عند زاوية ارتفاع 1/2 23°، وهي تقوم بدورة كاملة حول السماء في تواز مع الأفق. وسنجد بعض الصعوبة لتحديد وقت الظهر، لأن كل الاتجاهات تبدو جنوبية من هذا المكان! وكل دائرة كبرى من خطوط الطول تمر تحت أقدامنا بحيث نستطيع أن نقول إنه حينما تمر الشمس فوق خط الطول صفر، فهذا هو وقت الظهيرة الشمسي الحقيقي على خط زوال جرينيتش.

ومع مرور الأيام، تواصل الشمس دورتها الكاملة للسماء في موازاة الأفق، ولكنها تنخفض قليلا كل يوم حتى يحين موعد الاعتدال الخريفي فيشطر الأفق الشمسي نصفين وتختفي خلال يومين، ولا نراها مرة أخرى إلا بعد ستة أشهر تقريبا. وهكذا تكون الحال في القطبين، نصف العام نهار دائم، ونصف العام الآخر ليل دائم.

والواقع، أنه نظرا لتسارع الأرض متجاوزة خط الزوال تبقى الشمس جنوبي خط الاستواء عددا من الأيام أقل من بقائها شمالي هذا الخط. وما يعيدنا إلى تعادل الوقت هو منحني سرعة الشمس وبطئها الذي ينبغي تطبيقه على قراءات المزولة الشمسية اللهم إلا إذا كان التصحيح مبنيا في المزولة الشمسية نفسها.

معادلة الزمان:

خط الزوال عبارة عن دائرة كبيرة تحيط بالقبة السماوية التي تقطع خط الاستواء السماوي عند $23\frac{1}{2}°$، في النقاط التي تحتلها الشمس وقت حلول الاعتدالين. وجرت عادة الفلكيين على استخدام موقع الاعتدال الربيعي، الذي يسمى النقطة الأولى في برج الحمل (وإن كان يوجد الآن في واقع الأمر في برج الحوت) بوصفها النقطة التي نبدأ منها القياسات. إنها جرينتش.

والوقت الذي تشير إليه المزولة الشمسية بفعل تقدم الشمس اليومي عبر السماء إنما يتحدد على أساس حركتها تجاه الغرب فقط. وارتفاعها



حلقة التلف الشمسي الذي يحدث بانتظام بالقرب من الأرض، ويعتبر من اكثر الأحداث غموضا بسبب آثاره الخطيرة. إذ يؤثر على الطبقات العليا من الغلاف الغازي للأرض؟ كما يؤثر على الاتصالات اللاسلكية. والملاحظ أنه كل أحد عشر عاما تقريبا تبلغ البقع الشمسية التي تغطي قرص الشمس أقصى عدد لها تحت (صورة عن قرب لبقعة شمسية).

فوق خط الاستواء (الذي يسمى الميل الزاوي، وهو المعادل السماوي لخطوط العرض) لا يؤثر إلا قليلا على اتجاه الظل فوق لوحة المزولة. ويعرف اتجاه شيء ما: شرقا، أو جنوبيا-غربيا.. الخ بأنه سمت Azimuth هذا الشيء. وتباين سمت الشمس عن متوسط موقعها اليومي هو الذي يحدد درجة الدقة التي يمكن الحصول عليها من استخدام المزولة الشمسية.

والشمس تتحرك يوميا مقدارا يقل بقليل عن درجة واحدة تجاه الشرق على طول خط الزوال. وفي مارس، عند اقتراب الاعتدال الربيعي، وبينما تصعد الشمس إلى السماء مسرعة صوب الشمال، تطول ساعات النهار بشكل ملحوظ في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وعندما تكون الشمس قريبة من الانقلاب الصيفي (أو الانقلاب الشتوي بالنسبة لهذا الموضوع) فإن حركتها شرقا بمقدار ١ْ لا تؤثر إلا قليلا على طول اليوم. إذ لا تتوقف أوقات شروق الشمس وغروبها إلا على بعد الشمس-شمالا أو جنوبا-من خط الاستواء. وعند حلول الاعتدالين، فإن حركة يوم واحد على طول خط الزوال درجة واحدة ١^{o} لا تمثل إلا حوالي 0,9^{o} من التقدم صوب الشرق،

4 ,0° شمالا أو جنوبا. أما في الانقلابين، فإن أ تكاد تكون كلها في اتجاه شرقي، ولا يوجد هناك فعلا أي تغيير في الميل الزاوي أي في موقع الشمس الشمالي-الجنوبي في السماء، أو بالتالي في أوقات شروق الشمس! وغروبها.

ولكن، من حيث يتعلق الأمر بوقت المزولة الشمسية، فإن تقدم الشمس السريع صوب الشرق عند الانقلابين، بالقياس إلى الاعتدالين-يعني أن الشمس تكسب في كل من الانقلابين، وتخسر في كل من الاعتدالين. وهذا يعطي دورة من التباين في الزمان الشمس الظاهري الذي يطرأ عليه تكرار التباين الرئيسي مرتين بسبب حركة الأرض حول فلكها الاهليلجي. ونظرا للتزامن الوثيق بين الانقلابين وبين نقطة الذنب ونقطة الرأس، فإن هذين التأثيرين يتواطآن معا في فبراير/شباط ونوفمبر/تشرين الثاني عندما تقع أضخم أخطاء المزولة الشمسية.

وقبل أن تصبح الساعة الآلية أداة شائعة في قياس الوقت بزمن طويل، كان انحراف الشمس عن متوسط الزمن معروفا. غير أن هذا الانحراف الذي عرفه الإغريق، لم يكن كبيرا إلى الحد الذي يجلب عليهم المتاعب في الحياة اليومية، وفي العصور الأحدث من ذلك، أصبح التوقيت الدقيق أمرا بالغ الأهمية. وبالتالي فإن زمان الساعة قائم على «شمس وسط» افتراضية، تتحرك وفق معدل ثابت حول خط الاستواء السماوي، بدلا من خط الزوال، يناظر متوسط الحركة اليومية للشمس الحقيقية الذي مقداره 98651 ,0° لليوم الواحد. هذا هو أساس متوسط الزمن الشمسي المستخدم اليوم في العالم بأسره.

ومع التحسن الذي طرأ على وسائل الاتصال التي وسعت العالم كله، سواء في مجال السفر وبظهور وسائل الاتصال السلكية واللاسلكية، أصبح مفهوم الزمان الوسط، كما يطبق محليا-قاصرا هو أيضا.. فعندما يكون الوقت ظهرا حسب متوسط الزمن بتوقيت جرينتش تكون «الشمس الوسط» متجهة إلى الجنوب، فوق خط الزوال، عند مرصد جرينتش الملكي (بالقرب من لندن). وتكون قد طلعت من فورها في الولايات الشرقية من الولايات المتحدة الأمريكية، وغربت في طوكيو. ومثلما يكون من غير الملائم استخدام الزمان النجمي، فكذلك يكون من غير الملائم للعالم أجمع استخدام نفس الزمان الوسط. ومن ناحية أخرى، فإن لكل مكان على الأرض يقع على خط

طول مختلف زمانا شمسيا وسطا محليا مختلفا، وكذلك يكون له زمان شمسي محلي ظاهري مختلف، وزمان نجمي محلي!

والزمان النجمي المحلي مهم إذا كنت مشتغلا بالفلك وتريد أن تصوب تلسكوبك على شيء له موقع معلوم في السماء. وحينما تكون على خط عرض جرينتش، ولكنك تبعد غربي جرينتش بمسافة 69 كيلومترا، فإنك تكون على خط طول 1° غربا، ومن ثم فإن شيئا يتجه جنوبا بالضبط وقت الظهر كما يرى من جرينتش، لن يكون متجها إلى الجنوب من مرصدك لمدة أربع دقائق أخرى. وعلى هذا، فلكي تحدد الوقت المحلي الحقيقي، فلابد أن تلائم الزمان الوسط وفقا لخط الطول الذي تقف عليه. فالشخص الذي يقف في مكان يقع 15° غربي جرينتش لن يرى الشيء المتجه جنوبا إلا بعد ساعة تزيد على وقته إن كان موجودا في جرينتش. ومن ثم، إذا كان التاريخ هو 15 أبريل/نيسان عندما تكون معادلة الزمان (التصحيح لإيجاد الزمان الشمسي الحقيقي) صفرا، تكون الشمس في جرينتش حقا فوق خط الزوال عند الظهيرة GMT (متوسط الزمن بتوقيت جرينتش). ولكن في كورك Cork الواقعة في جمهورية أيرلندا، وعلى ساعة مضبوطة على متوسط الزمن بتوقيت جرينتش، لن تكون الشمس متجهة جنوبا لمدة تزيد على نصف الساعة. وفي نيويورك 74° غربي جرينتش لن تقع الشمس فوق خط الزوال لمدة خمس ساعات تقريبا، فكل 15° من خطوط الطول تمثل فرقا مقداره ساعة في الوقت المحلي الحقيقي.

ومنذ 1880 عندما تبنت بريطانيا توقيت جرينتش المتوسط (GMT) بوصفه تعريفا قانونيا «للزمان»، أخذت بلدان أخرى تتبنى تدريجيا توقيت جرينش المتوسط (GMT) بوصفه أساسا لتوقيتهم وصححت توقيتها المحلي بمعدل ساعة؟ لكل 15° من خطوط الطول شرقي أو غربي جرينتش. وهكذا ينقسم العالم-نظريا-إلى 24 منطقة من مناطق التوقيت، تبتعد مراكزها عن بعضها على مسافات كل مسافة قدرها 15°، ومن ثم يكون الفارق في الوقت ساعة واحدة بين كل منطقة والمنطقة المجاورة لها. وفي داخل المنطقة الواحدة، يمكن أن يختلف متوسط الزمن المحلي الحقيقي عن متوسط الزمن في المنطقة بما يصل إلى نصف الساعة، زيادة أو نقصا، ومن الناحية العملية لا تتبع مناطق التوقيت تقسيمات خطوط الطول بهذه الدقة نفسها ولكنها

قريبة منها تماما بحيث يكفي لتقدير متوسط الزمن في معظم أماكن العالم أن تعرف خط الطول فقط.

وفي أمريكا الشمالية، فإن عرضها من الاتساع بحيث يتطلب خمس مناطق من متوسط مناطق التوقيت. والتوقيت الأطلنطي الذي يتخلف أربع ساعات عن جرينتش، يسرى في جرينلاند، ولابرادور، والساحل الشرقي لكندا. أما التوقيت الشرقي الذي يتخلف خمس ساعات عن متوسط الزمن بتوقيت جرينتش، فيشمل نيويورك وشرق الولايات المتحدة وكويبك، وجزر الهند الغربية، وهلم جرا. أما مناطق التوقيت الأخرى التي تنحو قراءتها إلى الغرب، فهي أمريكا الوسطى Central والمناطق الجبلية والساحلية المطلة على المحيط الهادي، وهذه المنطقة الأخيرة تتأخر ثماني ساعات عن توقيت جرينتش المتوسط، وتسرى على ولايات الساحل الغربي من كندا والولايات المتحدة الأمريكية.

وفي أي من هذه المناطق يمكن أن يختلف التوقيت المحلي بمقدار نصف الساعة عن متوسط التوقيت الرسمي للمنطقة، ومن ثم فإن إقامة مزولة شمسية يتطلب تصحيحا لمعادلة الزمان، ولخط طول الموقع. ومن الممكن وضع مزولة دائمة لتصحيح خط الطول، لأن الخطأ ثابت، غير أنه بالنسبة لمعادلة الزمان، لابد من أحد أمرين: إما أن يجري تصحيح لكل قراءة، أو أن تستخدم مزولة شمسية زيتية، ولهذا النوع شاخص أو عقرب يصمم تصميما خاصا، أو أداة لإلقاء الظل ولابد من تفسير موقع الظل وفقا للتاريخ.

واحتاج الفلكيون في عصور احدث من ذلك، إلى قياس الزمن بمزيد من الدقة تفوق حتى متوسط الزمن الشمسي. وفي بداية الأمر، أصبح متوسط الزمن بتوقيت جرينتش معروفا بأنه التوقيت العالمي U.T الذي يبدأ من منتصف الليل. بالساعة صفر، ثم تعد الأربع والعشرون ساعة التالية. ونظر إلى هذا النظام بوصفه تحسينا للاتفاق الأصلي الخاص بقياس متوسط الزمن بتوقيت جرينتش والذي كان يبدأ من الظهر بدلا من منتصف الليل. وارتبط الزمان العالمي ارتباطا دقيقا بالزمان النجمي الذي هو فترة الدوران الملحوظة للأرض حول محورها غير أن العلماء اكتشفوا فيما بعد أن دوران الأرض حول محورها ليس مضبوط بما فيه الكفاية: إذ يكون عرضة لعدد من الانحرافات المنتظمة وغير المنتظمة الراجعة إلى مؤثرات

متعلقة بالمد والجزر تارة وإلى مؤثرات ديناميكية تارة أخرى، وهذه المؤثرات تسبب انحرافات طويلة وقصيرة الأمد.

ومن ثم وضح أن التوقيت النجمي الذي نرصده على هدي عبور نجوم محددة بذاتها ليس دقيقا بما فيه الكفاية لتوقيت الحوادث البعيدة عن الأرض. وهذه الانحرافات التي تطرأ على حركة الأرض تذكرنا بالأشباح التي طاردت الإغريق، ومن بعدهم كوبرنيكوس وكبلر.

ومنذ قرنين من الزمان، كان من المعتقد أن سرعة دوران الأرض يمكن أن تتأثر باحتكاك قوي المد والجزر التي تسببها الشمس والقمر. وكلما تقدمت دراسة حركة القمر وأساليب قياسها، أصبح من الجلي أ موقعه لا يتطابق بدقة مع تقويمه الفلكي، أي مع جداول المواقع المحسوبة التي أمكن التوصل إليها من قوانين نيوتن للحركة. وأمدنا هذا ببينة واضحة على أن دوران الأرض حول نفسها وبالتالي أساس قياس الزمن لم يكن موحدا منتظما. والواقع أن الفروق التي نجدها في تقاويم الكواكب جميعا كانت موجودة أيضا لهذه الأسباب نفسها، ولكن نظرا لأن حركة القمر اليومية سريعة نسبيا كما نشاهدها من الأرض، كانت أخطاؤه الطفيفة جدا أيسر في الكشف عنها.

وهناك تأثير آخر أكن التعرف عليه في منتصف القرن الماضي وأطلق عليه اسم التقاصر القرني(*2) Secular Retardation. إذ تنبأت النظرية بحدوث تسارع طفيف جدا للقمر من موقعه المنتظر بسبب مؤثرات ناتجة عن اضطرابات في الجاذبية، ولكن تبين أن هذا التسارع الذي لن يتضح إلا بعد فترات طويلة من الزمان (ومن هنا كانت الصفة قرنية نسبة اشد قرن من الزمان)-أقل مما كان متوقعا. هذا القصور في التسارع المرتقب، أي التقاصر القرني يرجع-كما انتهى إليه الاستنتاج-إلى انحراف في معدل سرعة دوران الأرض حول نفسها ومنذ ذلك الحين، تم اكتشاف انحراف سنوي وانحرافات متعددة غير منتظمة. وأهم الآثار الناجمة عن هذه الانحرافات جميعا هو ما يرجع إلى قوى القمر المؤثرة على المد والجزر. ذلك أن قوى الجذب التي تجذب الأرض والقمر صوب مركزهما المشترك للجاذبية الموجود تحت سطح الأرض، تسبب ارتفاع المد في السطوح الصلبة لكل من الجرمين وهو

(*2) نقص السرعة لفي وحدة الزمن ببطء متناه لا يظهر أثره إلا بعد عدة قرون [المراجع].

ما يبدو ملحوظا أكثر في المحيطات على الأرض.

ومن ثم، فإن حالة المد بالنسبة للبحار، تكاد تكون هي الساعة الوحيدة التي يحتاج إليها عندما يكون راسيا في الميناء وهانحن مرة أخرى نجد الساعة ساعة فلكية. والأساس هو أن يكون هناك نوعان من المد في اليوم الواحد، نتيجة لارتفاع «نتوءين» في المحيطات في موقعين متقابلين على الأرض وهذان النتوءان يحدثان أساسا بسبب القوة الجاذبة للقمر (وللشمس أيضا تأثير ضئيل) ولما كانت جاذبية القمر تقل كلما تزايد البعد عن القمر بالتناسب مع مربع هذه المسافة، فإن المياه الأقرب إلى لقمر تتأثر بجاذبية القمر أكثر مما تتأثر الأرض نفسها، على حين أن الأرض بدورها يتأثر جانبها البعيد عن القمر أكثر مما تتأثر المياه ولما كانت كتلة الأرض تفوق- بالطبع-كتلة القمر بدرجة كبيرة، فإن التسارع نحو القمر يكون قليلا، على حين أن قوة التسارع واحدة. ولا يكون النتوءان بمحاذاة القمر، بل يتأخران عنه نتيجة للاحتكاك، ونتيجة هذا هي أن الأرض نفسها يطرأ على دورانها حول نفسها بطء تدريجي.

وفي الوقت نفسه، يكون القمر أيضا عرضة لقوى المد والجزر، بسبب وجود الأرض. وأدت هذه القوى منذ أمد بعيد إلى خفض دوران القمر المحوري حتى تزامن مع فترة الدوران حول الأرض، بحيث يحتفظ القمر بوجه واحد ناحية الأرض طوال الشهر (فيما عدا «تراوح»ظاهري يرجع في معظمه إلى إهليلجية مداره، واختلاف في سرعته عندما يدور القمر حوله). ولما كانت قوانين بقاء كمية التحرك الزاوي تقتضي أن توجه هذه القوى المدية بالضرورة إلى مكان ما، فإن النتيجة هي تسارع قرني تدريجي جدا للقمر.

أما الانحرافات في دوران الأرض حول نفسها، حين يؤخذ متوسطها، فإنها تمثل بطأ في السرعة. غير أن التقلبات القصيرة الأمد يمكن أن تقلل من الأثر أو أن تسبب اختفاءه وقتيا .والنتيجة النهائية هي أن الأرض سوف «تخسر»يوما تقريبا كل 7500 سنة.

ومع استحداث أجهزة مثل ساعة السيزيوم caesuim التي تعتمد في تشغيلها على طاقة نظير السيزيوم الذي يتحلل بمعدل طفيف للغاية على نحو يتعذر تصديقه، أصبح قياس الزمن مستقلا عن الظواهر الفلكية.

وتستخدم الآن الساعات التي صنعها الإنسان لتوقيت الأحداث الفلكية، وإن كنا لا نستطيع أن نهرب أبدا من الدورات الأساسية لانتقالات الشمس عبر السماء، والانحرافات الموسمية التي ناقشناها في مستهل هذا الفصل.

تقدم الاعتدالين، ومسائل أخرى مماثلة

وكما ترصد أوقات شروق الشمس وغروبها، واختلافها على مدار العام، والمواقع المختلفة للشمس في السماء، كذلك فإن أولئك الذين ألفوا النجوم يقرنون تقدم السنة بظهور النجوم والأبراج المختلفة ومواقعها في السماء. ومع حركة الشمس عبر القبة السماوية، فإن أجزاء السماء النائية عن وهجها تصبح مرئية. ومن ثم، فإن الشمس في يوم من أيام منتصف الصيف (أو منتصف الشتاء في نصف الكرة الجنوبي) تكون في أقصى ما تستطيع أن تصل إليه شمالا، وتكون داخلة لتوها في برج الجوزاء. وهنا يكون برج الجوزاء الرائع تحت الشمس تماما في السماوات الشمالية، ومن ثم يحتجب تماما عن الرؤية ولكن ما أن تنقضي ستة أشهر حتى تصبح الشمس في موضع مقابل مباشرة لبرج الجوزاء في السماء، بالقرب من برج العقرب. ولهذا فإن من يرصدون النجوم في نصف الكرة الشمالي يرتبط عندهم برج الجوزاء بالشتاء ويرتبط برج العقرب بالصيف، على حين أن الوضع ينعكس بالطبع بالنسبة للراصدين في نصف الكرة الجنوبي. وحين يبدأ الخريف الشمالي في الانقضاء، تتاح دائما تلك الفرصة الفريدة، حين يرى الراصد للسماء على حين غرة في وقت استثنائي متأخر برج الجوزاء يشق طريقه في الأفق ناحية الشرق تماما. ولما كان برج الجوزاء يميل إلى الاختفاء في وقت متأخر من شهر مارس، فإن عودة هذا الصديق الأليف تكون دائما مناسبة خليقة بالتذكر حتى وإن كانت تبعث قشعريرة من ترقب الشتاء الذي تنذر به عودته.

وهناك بروج أخرى ترتبط أيضا بأوقات السنة: إذ يرتبط برج الأسد بالربيع، والعقرب بالصيف والفرس الأعظم بحلول الخريف، وهلم جرا. أما بالنسبة للراصدين الجنوبيين، فإن اقتران فصول السنة بالأبراج يكون بطبيعة الحال عكس ما هو حادث بالنسبة للراصدين في نصف الكرة الشمالي. وحدد الفلكيون القدماء مواقع الشمس والقمر والكواكب في

السماء على هدي النجوم الثابتة في الشريط الضيق الذي تحتله دائرة البروج وقسموا هذه الدائرة إلى 12 مقطعا متساويا كل منها يمتد 30^{o} عبر السماء، بحيث يناظر المسافة التي تقطعها الشمس عبر القبة السماوية في شهر مع تقريب جميع الأرقام بالطبع.

وتكون الشمس في بيت برج «الحمل»خلال الاعتدال الربيعي وهو وقت له شأنه الهام في نظر المشتغلين بعلم التنجيم: أي أن خط الاستواء السماوي يقطع فلك البروج في برج الحمل. ويوصف الأشخاص الذين كانوا يولدون عندما تدخل الشمس هذا البرج بأنهم ولدوا خاضعين لبرج الحمل، وهذا معناه أنهم ولدوا بين تاريخ الاعتدال الربيعي: 21 مارس آذار وبين الشهر المنصرم بعد هذا التاريخ، حتى 20 أبريل/نيسان ويستمر تتابع الأبراج في فلك البروج على مدى العام في التعاقب تجاه الشرق في السماء على هذا النحو: الثور، الجوزاء، السرطان، الأسد، العذراء، الميزان، العقرب، القوس، الجدي، الدلو، الحوت.

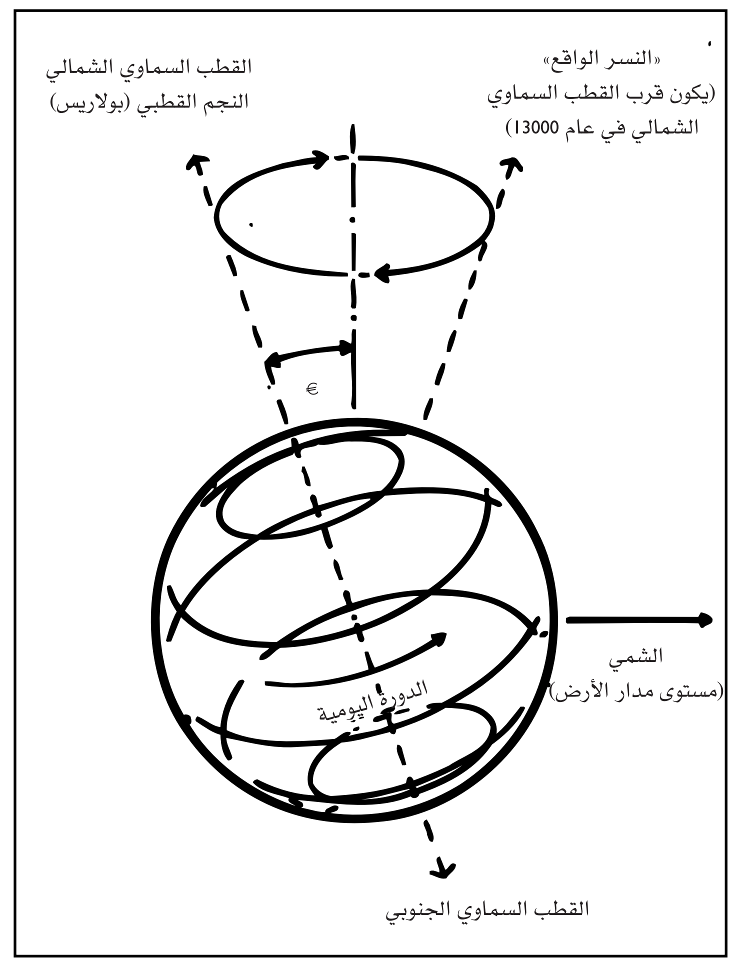
وكانت النقطة الفعلية للاعتدال الربيعي في السماء، أي موقع الشمس عند دخولها منزل الحمل تسمى «النقطة الأولى في برج الحمل» وعلى كل حال فإن الشمس الوسطي تكون «عند النقطة الأولى في برج الحوت»(إن صح وضع هذا التعبير) أثناء الانقلاب، على حين أنها وفقا لتسلسل دائرة البروج ينبغي أن تكون في برج الحمل، منحرفة قليلا نحو الشرق. وسبب ذلك أن السماء كلها عرضة لاختلاف آخر يحدث على مدى طويل جدا، هو تقدم (أو مبادرة) الاعتدالين.

ويميل مستوى خط الاستواء الأرضي نحو مستوى فلك البروج بزاوية مقدارها حوالي $23\frac{1}{2}^{o}$، أي أن القطبين السماويين يبعدان حوالي $23\frac{1}{2}^{o}$ من قطبي فلك البروج على القبة السماوية. والواقع أن القطبين السماويين ثابتان، وهما-كما وصفناهما آنفا-سبب اختلاف الفصول على الأرض. ولكن نظرا لأن الأرض ليست كرة كاملة الاستدارة بحيث تتوزع كتلتها توزيعا متساويا، فإن تأثير القوى الجاذبة للأجرام الأخرى الموجودة في النظام الشمسي عليها هو نفس التأثير الذي تحدثه قوة مختلة التوازن على جيروسكوب. فكما أن محور الجيروسكوب منتظم في خط مستقيم أساسا في المكان، فكذلك محور الأرض. ولكن، استخدم قوة لا تتحكم في توازنها

على الجيروسكوب، فسترى أن محوره يبدأ في التنقل خلال دائرة صغيرة. وبالمثل فإن اتجاه محور الأرض يتنقل حول اتجاه قطبي فلك البروج في ذبذبة تستغرق 000 ,26 سنة لإتمام دورة واحدة. ونتيجة لذلك يدور القطبان السماويان في دوائر في السماء بالقرب من قطبي فلك البروج، وكل من هذه الدوائر بالقياس الزاوي يكون نصف قطرها $23\frac{1}{2}^{o}$. والقطب السماوي الشمالي يتحرك في الوقت الحاضر صوب النجم القطبي أو بولاريس Polaris وسيكون عند أقرب نقطة منه بعد حوالي. 15 سنة زمنية (ولن يتجاوز بولاريس بالفعل أبدا). وبحلول سنة 000 ,10 ميلادية سيكون القطب السماوي الشمالي قريبا إلى حد ما من ذنب الدجاجة Deneb، وهو النجم الساطع في كوكبة الدجاجة Cygnus. وفي حوالي سنة 000 ,13 ميلادية، سيكون هذا القطب قريبا من النسر الواقع Vega. وبحلول سنة 000 ,28 ميلادية سيكون القطب قريبا من موقعه الحالي مرة أخرى. ونتيجة «المبادرة» هي أن جميع البروج التي تزيد المسافات بينهما وبين القطب عن $23\frac{1}{2}^{o}$ ، لابد أن «تكتسب» سنة نجمية في 000 ,26 سنة أو بعبارة أخرى، تدور النجوم بالنسبة لأول نقطة في برج الحمل، أي أنها في فترة الاعتدال الربيعي.

وفي أيامنا هذه، تقع الشمس في برج الحوت وقت الاعتدال الربيعي، وعلى حين أن هذه النقطة ما برحت تسمى أحيانا النقطة الأولى في برج الحمل، فإن الشمس قد تحركت مسافة برج كامل من فلك البروج، أو 30^{o} غربي برج الحمل بسبب «المبادرة»، منذ أن أطلق علماء التنجيم القدامى هذا الاسم على تلك النقطة. والواقع، أن الشمس قريبة الآن من برج الدلو في فترة الاعتدال الربيعي. ولا يزال أولئك الذين يعلنون إيمانهم بعلم التنجيم يستخدمون «المنازل» الفلكية القديمة غير أن هذه «المنازل» تختلف الآن عن البروج الفلكية بحوالي علامة كاملة من فلك البروج.

وأكثر من هذا أن الزاوية التي يميل بها محور الأرض إلى الوضع العمودي لفلك البروج ليست ثابتة. فهي تتراوح بين $24^{o}\ 36'$ و$21^{o}\ 59'$ في الوقت نفسه الذي تتقدم فيه بحيث لو أن المسار الذي يسلكه القطب السماوي خلال النجوم رسم له تخطيط يغطي 000 ,26 سنة أو ما يقرب من ذلك، لكان هذا المسار أشبه بعجلة مسننة (ترس) ذات أسنان مستديرة، فيما عدا أنها لن



الأرض خلال الانقلاب الشتوي الشمالي. والرسم يوضح كيف يتغير وضع محور دوران الأرض حول نفسها على مدي آلاف السنين وأثر ذلك عند اقتراب، أو عدم اقتراب، النجوم الساطعة في تحديد مواقع القطبين السماويين في سمائنا-على نحو ما يحدد النجم القطبي القطب السماوي الشمالي لنا الآن. ويوضح الرسم كذلك أن الشمس لا ترى طوال النهار في هذا التاريخ من السنة في الدائرة القطبية الشمالية، وفي جميع نقاط الشمال حتى في عز الظهر. ولكن الشمس يمكن رؤيتها في هذا التاريخ من السنة في جميع مناطق الدائرة القطبية الجنوبية حتى ولو كان هذا في منتصف الليل. وتكون الشمس عمودية على مدار الجدي. والعلامة t هي زاوية ميل محور الأرض مع خط زاوية قائمة على مستوى مدار الأرض. وتتغير هذه الزاوية على فترات طويلة.

تنغلق على نفسها بالضبط بعد سلسلة من التقدم ويتناقص في الوقت الحالي ميل فلك البروج، وسوف يستمر في هذا التناقص لعدة قرون، إذ أن معدل تناقصه لا يعدو أن يكون حوالي نصف ثانية من القوس لكل سنة.

وثمة اختلال آخر ضئيل يطرأ أيضا على التوجه المحوري للأرض. ذلك أن مستوى مدار القمر يميل إلى مستوى فلك البروج بحوالي 5^{o} وهذا معناه أن القمر يستطيع في بعض الأحيان أن يصعد إلى 5^{o} علوا أو هبوطا عما تكون عليه الشمس في السماء في أقرب نقطة من ذلك الموقع. وعلى سبيل المثال، فإن الشمس وقت الظهيرة في الانقلاب الصيفي عند رصدها من لندن-تبلغ زاوية ارتفاعها عن الأفق $62\frac{1}{2}^{o}$ (ولقد رأينا فيما سبق أن الشمس في هذا الوقت تكون داخله لتوها في برج الجوزاء). ومن الممكن أن يكون القمر في هذا الموقع نفسه بمحاذاة فلك البروج، ولكن تبلغ زاوية ارتفاعه عن الأفق أعلى أو أقل ب 5^{o} من زاوية ارتفاع الشمس، أي $67\frac{1}{2}^{o}$ أو $57\frac{1}{2}^{o}$ فحسب.

ويتقاطع مدار القمر مع فلك البروج في موضعين يسميان «العقدتان». هاتان العقدتان ليستا ثابتتين في مدار القمر، ولكنهما تتحركان ببطء تجاه الغرب بمعدل 19^{o} في السنة. ومن ثم، فإن هاتين العقدتين تعودان بعد أكثر قليلا من $18\frac{1}{2}$ سنة إلى موقعهما الأصليين. ومن ثم، إذا كان القمر على فلك البروج عند النقطة الأولى من برج الحمل في الاعتدال الربيعي، يحدث كسوف للشمس. وبعد $18\frac{1}{2}$ سنة أخرى، تعود العقدة ثانية إلى هذا الموقع غير أن القمر نفسه يكون عليه أن يقطع ما يزيد على ربع مداره ليبلغ العقدة، ومن ثم لن يحدث كسوف في ذلك اليوم.

هذا الدوران لمستوى مدار القمر، وبالتالي موقع القمر بالنسبة للأرض خلال الشهر، يمارس أيضا على الأرض قوة جاذبة لها دورة تستغرق ما يزيد قليلا على $18\frac{1}{2}$ سنة، وهذا ما يسمى تمايل محور الأرض Nutation. وهنا يتمايل محور الأرض إلى الخلف وإلى الأمام على مدى ثوان قلائل من قوس دائرة المسار الظاهري للأرض.

ونتيجة لهذه الاختلالات جميعا، فان الوقت النجمي المرصود والذي تحدده ذروة أي نجم معين-ليس منتظما بصورة مطلقة. وبالتالي، تبني الاتحاد الفلكي الدولي في الخمسينيات التقويم الفلكي بوصفه المعيار في

علم الفلك. وهذا المعيار قائم بأكمله على التقويم الفلكي للقمر والشمس والكواكب، ومن ثم فهو مستقل عن حركة الأرض، ويجري تحديده عن طريق الرصد. وقد اختير مقياس التقويم الفلكي ليتفق على قدر الإمكان مع التوقيت العالمي الذي تم قياسه أثناء القرن الماضي وابتدأ عند الساعة 12 من متوسط الزمن بتوقيت جرينتش أي صفر من يناير/كانون الثاني عام 1900. وأصبح موقع الشمس في هذه اللحظة هو النقطة التي يمكن عندها تعريف السنة الاستوائية كما يلي: السنة الاستوائية هي الوقت الذي تستغرقه الشمس للعودة إلى هذا الموقع بالضبط كما هو مقيس بتاريخ وقوع الاعتدال. أو بعبارة أخرى فإن نتائج مثل الميل أو التقدم تؤخذ في الاعتبار تلقائيا عند تحديد الفترة من السنة، وذلك حتى تكون السنة التقويمية أي حسب التقويم الفلكي بمعزل عن أية انحرافات سواء كانت غير منتظمة، أم دورية، أم قرنية. والثانية التقويمية Ephemeris-نسبة إلى التقويم الفلكي هي إذن مجرد جزء محدد من هذه السنة: فهناك 7 974 925 556 31 ثانية في السنة الاستوائية.

وفي عام 1978 بلغ الفرق بين الزمان التقويمي الفلكي والزمان العالمي حوالي 49 ثانية، ومن المتوقع أن يكون الفرق في هذا القرن مجرد دقائق قلائل. وهذه الاختلافات طفيفة للغاية بحيث لا تكاد تكون ملحوظة في الظواهر اليومية، مثل قراءات المزولة الشمسية، ومن ثم فإن الاختلاف لا يهم غير الفلكيين فحسب.

دورات الكسوف والخسوف (الساروس):

يمكن أن يقال الكثير عن تأثير حركة الأرض اليومية والسنوية على تطور القياس الزمني. فاليوم والشهر والسنة هي مجرد دالات لحركة نظام الأرض/القمر. غير أن هناك دالة زمانية أخرى كانت معروفة-وهذا شيء يتعذر تصديقه-لبعض من أقدم الفلكيين في مصر الفراعنة. وكما سبق أن رأينا، يميل مستوى مدار القمر نحو مدار الأرض بمقدار يزيد قليلا على 5^{o}. والمواضع التي يقطع فيها مدار القمر فلك البروج تسمى العقد. ولابد أن يمر القمر من خلال عقدتين كل شهر. وهاتان العقدتان تتحركان على مهل نحو الغرب. بمحاذاة فلك البروج بمعدل $1\frac{1}{2}^{o}$ شهريا، ومن ثم، فإن

عقدتي مدار القمر-وفي هذا ما يخدم كل المقاصد والأغراض-لا تتغيران من حيث الموضع على مدار السنة. ولابد للشمس في رحلتها صوب الشرق على طول فلك البروج أن تمر من خلال هاتين العقدتين كل سنة بفاصل ستة أشهر تقريبا. ولما كانت الشمس تتحرك 1^{o} فقط كل يوم، والقمر يستغرق 15 يوما فقط لعبور نصف مرحلته الاقترانية، أي للدوران حول الأرض من الموقع الذي تكون فيه الأرض والشمس على خط مستقيم واحد إلى الموقع التالي-فإن الشمس في كل من الموقعين لا تبعد عن العقدة بأكثر من 7^{o} تقريبا (وبالتالي يكون القمر واقعا بما لا يزيد عن 7^{o} من العقدة نفسها أو العقدة المقابلة) (والقمر هلالا وليدا أو بدرا يمكن الإشارة إلى أحدهما باعتباره اقترانا وإلى الثاني باعتباره «مقابلة» وهو ما يشمل جميع الحالات التي تكون فيها الشمس والقمر والكواكب والأجرام الأخرى في خطوط مستقيمة؛ أو أن نستخدم عبارة «نقطة الاقتران» للدلالة فقط على القمر هلالا أو القمر بدرا. وتحدث نقاط الاقتران عندما تكون الشمس أقرب للعقدة بما يزيد على 7^{o} وعندما يتصادف وقوع البدر الكامل مع وجود القمر مقابل الشمس في السماء، فلابد للقمر من المرور في ظل الأرض الذي لابد له أيضا بالطبع أن يقع في مستوى فلك البروج. وعندئذ ينخسف القمر. فإذا كانت الشمس في أقصى بعدها عن العقدة أثناء منتصف الشهر القمري، فإنها تظلم جزئيا على نحو ما يبين إذا نظرنا إليها من القمر، ويكون خسوف القمر جزئيا أيضا-وهي حادثة يمكن أن تمر دون أن يلاحظها المشاهد العادي. وعندما تقترب الشمس والقمر من نفس العقدة يتجه ظل القمر في الفضاء صوب الأرض ويلقى بظله المتحرك من أماكن عديدة من مساره الضيق جدا على سطح الأرض المتحركة أيضا ومن ثم يمكن أن نرى كسوفا كليا للشمس.

وبمصادفة عجيبة، يبدو القمر والشمس متساويان حجما في سماواتنا. والواقع أن الشمس يزيد حجمها بأكثر من 400 مرة عن حجم القمر، ولكنها أيضا-في المتوسط-أبعد عن الأرض ب 390 مرة ومن ثم فإن مقرها الظاهري يبدو لنا وكأنه أكبر من القمر بجزء ضئيل جدا. ولكن نظرا لإهليلجية مدار الأرض، فإن قطر الشمس الظاهري يتغير من حده الأقصى في يناير إلى حده الأدنى في يوليو، على حين أن حجم القمر الظاهري يتغير أيضا

بسبب الطبيعة الإهليلجية لمداره حول الأرض. وفي حالة القمر، فإن أقرب مواقعه من الأرض (نقاط الحضيض القمري) لا تتكرر عند حلول الشطر نفسه من الشهر النجمي لأن نقطة الحضيض القمري تتحرك بأكثر من 53 شرقا، ومن ثم تحدث متأخرة حوالي خمس ساعات ونصف، كل شهر.

وبناء على الحجم النسبي لكل من الشمس والقمر، يمكن أن يدوم خسوف كلي للشمس لمدة 7 دقائق و58 ثانية، إذا ما وقع منتصف الكسوف في يوليو/تموز حين تكون الشمس في نقطة الذروة (أبعد نقطة عن الأرض) والقمر في نقطة الحضيض، والكسوف مرصودا من خط الاستواء الأرضي. ومدة الكسوف أقصر عادة بكثير عن هذه المدة، وعندما يفوق الحجم الظاهري للشمس حجم القمر، يكون الكسوف حلقيا إذ تبدو فيه الشمس حلقة ساطعة تحيط بقرص القمر المظلم في نقطة المنتصف للكسوف. وعلي كل حال سواء كان الخسوف للقمر والكسوف للشمس كليا أو جزئيا فلابد من حدوثهما كل عام. وفي بعض السنين يصل عددها من سبعة- أربعة كسوفات شمسية وثلاثة خسوفات قمرية، أو خمسة شمسية، وخسوفين قمريين-وفي بعض السنوات الأخرى يقل عددها فتصل إلى كسوفين كليين للشمس وخسوفات جزئية للقمر فحسب. ولما كان ظل القمر صغيرا جدا وقت سقوطه على الأرض، فإن طريق الكسوف الكلي للشمس عبر سطح الأرض يكون ضيقا للغاية. ولا تتاح الفرصة لمكان واحد أن يقع في طريق الكسوف الكلي للشمس إلا مرة واحدة كل قرن أو قرنين من الزمان.

وقد لاحظ الفلكيون المصريون القدماء، طيلة مئات السنين التي سجلوا فيها الأحداث الفلكية: أن كسوف الشمس وخسوف القمر يتبعان دورة تستغرق 18 سنة و 11 يوما تقريبا لكي تكتمل. وذلك لأن عقدة واحدة تستغرق ما يزيد على 18 سنة لكي تدور مرة واحدة حول فلك البروج، حتى إذا ما مضت 18 سنة بالضبط بعد أن تكون إحدى العقد قد مرت من خلال موضع معين، فان العقدة المقابلة ستكون في ذلك الموضع. وفي الوقت نفسه يكون القمر قد مر من خلال عدد مضبوط من الشهور القمرية (سلسلة من المراحل، أو الأشهر الاقترانية) حتى إذا حدث خسوف عند عقدة معينة، فسيحدث خسوف آخر بعد 223 شهرا قمريا، أو بعد ما يزيد على 18 سنة،

غير أن تاريخ اليوم، وبالتالي المكان الذي يرى منه هذا الخسوف الكلي، سيكون مختلفا.

وكل خسوف يشكل جزءا من سلسلة من الخسوفات تتغير فيها تدريجيا مواقع الشمس والقمر والأرض بعضها إلى البعض الآخر، وذلك نتيجة للتغير البطيء، وإن يكن منتظما، في عدة متغيرات مثل موقع نقطة الحضيض للقمر، وسائر المتغيرات الأخرى غير المنتظمة التي سبق ذكرها. ومن أي مكان واحد على الأرض، حتى الكسوفات الجزئية للشمس تكون نادرة نسبيا، ومع أن خسوفات القمر يمكن أن نراها من أي جزء من الأرض حيث يكون القمر عاليا فوق الأفق وقت حدوث الخسوف، تمضي سنوات عديدة دون حدوث خسوفات قمرية كاملة. ونظرا لهذا، فمن العجيب حقا أن يتمكن الفلكيون المصريون من التنبؤ بخسوفات بناء على معرفتهم بهذه الدورة المكونة من 18 سنة-11 يوما التي تسمى الساروس Saros

وقد احتفظ الكهنة بأسرار الساروس مع سائر المعارف الفلكية العملية الأخرى، ومنحتهم هذه المعرفة بالأسرار قوي مدهشة ظاهريا على التنبؤ، بل على التحكم الظاهري في السموات إذ كان بوسعهم أن يتنبئوا بأن الإله الشمس سوف يحتجب نتيجة للمعاصي التي يرتكبها الشعب. فإذا ما حدث الكسوف، أمكن للكهنة أن يبشروا باستعادة الشمس وفق شروطهم الخاصة! مثل هذا السلوك يمكن أن يكون أشبه بما يحدث في القصص الخيالي، حيث يستغل أهل المعرفة حالات الكسوف لإرباك الشعوب البدائية التي تهددهم حينذاك ولكن من المؤكد أن مبادئ الصفوة من الكهنة الذين يحيطون علما بالأسرار الفلكية قد ساعدت على تدعيم الاعتقاد-الذي لا سبيل إلى تصديقه-في علم التنجيم الذي مازال قائما حتى يومنا هذا.

اختلاف المنظر النجمي:

ثمة صلة أخرى بين الفلك والزمان، تنشأ أيضا عن حركة الأرض في الفضاء على المستوى الكوني، وهذه الصلة هي المسافة بين الأرض والنجوم.

إن كل خطوة في الفلك ينبغي أن تؤسس على الكشوف السابقة. ويصدق هذا بخاصة على قياس الكون الذي كان ينحو طيلة تاريخ علم الفلك إلى أن يكون مراجعة للأفكار السابقة صعدا: وأثبت الكون دائما أنه أضخم مما

ذهب إليه التصور من قبل. وهذا حق الآن أكثر من أي وقت مضى. وعندما صاغ كبلر قوانينه الشهيرة، زودنا بالمفتاح الذي نقيس به النظام الشمسي: ذلك أن معرفة مسافة واحدة، تؤدي إلى معرفة المسافات جميعا. والأرصاد المتزامنة من أماكن متباعدة على الأرض لجسم ما، مثل كويكب سيار في مداره حول الشمس وقريب نسبيا من الأرض، مثل هذه الأرصاد تتيح لنا أن نحسب المسافة بيننا وبين هذا الكويكب باللجوء إلى الفروق القائمة في موقعه المرصود والمسافات المعلومة الفاصلة بين الراصدين على الأرض. والتغير في الموقع الظاهري للكويكب يرجع إلى اختلاف المنظر النجمي، وهو نفس التأثير الذي يعمل على تغيير المنظور من عين إلى أخرى (انظر إلى هذه الصفحة من خلال العين اليمنى وحدها، ثم من خلال اليسرى وحدها، وسيبدو لك أن الكلمات تتحرك) أو يسبب اختلافات نسبية في السرعة التي تبدو بها الأشياء في الريف وهي تمر في الاتجاه المضاد حين نشاهدها من قطار.

ومن أفضل التطبيقات المعروفة لقياس اختلاف المنظر هو محاولة قياس الزوايا من البحر لأشياء واقعة على البر لتحديد موقع السفينة. فلما كانت السفينة تتحرك بسرعة معلومة في مدة معلومة، ومن ثم فإنها تقطع مسافة معلومة، وتكون الزوايا النسبية لشيء ثابت على الأرض مما يمكن مقارنته بالاستناد إلى المسافة المحددة بين السفينة وهذا الشيء.

هذه المبادئ نفسها يمكن أن تستخدم-متخذين قطر الأرض أساسا للقياس-في تحديد القياسات «المحلية» نسبيا، أو باستخدام قطر مدار الأرض، ويبلغ حوالي 300 مليون من الكيلومترات، لأرصاد أبعد من ذلك. وفي كل الحالات، تكون الزوايا المعنية ضئيلة للغاية، ومن ثم فإن دقة التوقيت أمر حيوي. وهذه هي المشكلة التي أدت بالفلكيين إلى اتخاذ التوقيت الفلكي بدلا من التوقيت العالمي.

وإذا قام شخص برصد موقع نجم قريب (إذا عرف أو اشتبه في أنه قريب نسبيا) على خلفية النجوم النائية جدا في مناسبتين متباعدتين بحوالي ستة أشهر، فان هذا الشخص يشاهد النجم في موقعين ينفصل أحدهما عن الآخر في المكان بحوالي 300 مليون من الكيلومترات (والواقع أن حركة الشمس في الفضاء حول المجرة ينبغي أن تؤخذ أيضا في الحسبان. وإذا

أردنا الدقة فإن مسار الأرض عبر الفضاء بالنسبة للنجوم ليس إهليلجيا، وإنما إهليلجي حلزوني حول مسار الشمس.) والمسافة التي غيرت بها الأرض موقعها بين الرصدين يمكن تحديدها على وجه الدقة، وهذه المسافة مع اختلاف المنظر المقيس تعطي مقدار المسافة التي يبعد بها النجم.

ولسوء الحظ، كانت هذه الفكرة بديعة من حيث المبدأ، غير أنه ثبت مرة أخرى أن الكون أضخم من المتوقع. وعندما أجرى بسل Bessel في عام 1838 أول قياسات لاختلاف المنظر النجمي، كانت النجمة التي اختارها، وهي سينيى (الدجاجة) 61 61Cygni، لم يكن اختلاف منظرها إلا ″31،. فحسب (أي أقل من واحد على عشرة آلاف من الدرجة). وهذا يناظر مسافة تبلغ 90 مليون مليون من الكيلومترات.

كانت هذه المسافة مذهلة. ومع أن المسافة بيننا وبين النجوم كان من المعتقد أنها عظيمة للغاية، فإن هذا النجم كان من البعد بحيث أن الضوء المنبعث من سطحه يستغرق عشر سنوات مسافرا بسرعة 300,000/ كيلومترا في الثانية ليصل إلى الأرض. فنحن نرى «الدجاجة 61» على ما كانت عليه منذ عشر سنوات مضت. ولو أنها انفجرت الآن بغتة، فإننا لن نعلم شيئا عن هذا الانفجار إلا بعد عشر سنوات. مما آثار هذا السؤال: ماذا نعني بقولنا «الآن»؟ والدجاجة 61 تحتل عتبة بابنا قياسا إلى مواقع النجوم. ذلك أن معظم النجوم أبعد ما تكون عنا إذا أردنا أن نقيس اختلاف منظرها بهذا المنهج المباشر، غير أن اختلاف المنظر الدينامي الناجم عن حركة الأرض قد أمدنا بمنهج مستقل لمراجعة الوسائل الأخرى لاستنباط بعد النجوم. ومع تطور هذه الأساليب الفنية، أصبح من الواضح أننا نشاهد النجوم كما كانت منذ سنين، أو في كثير من الأحيان، منذ مئات السنين الماضية. وباستخدامنا للتلسكوبات والتلسكوبات اللاسلكية radiotelescopes، نستطيع أن نرى الكون كما كان منذ ملايين أو حتى بلايين السنين التي مضت.

ويقدم لنا علم الفلك أوضح الأمثلة على نظرية النسبية التي صاغها أينشتين بمصطلحات رياضية في أوائل القرن العشرين، والتي سنعرضها في الفصل الخامس. وما تعنيه النسبية بأبسط العبارات هو أن «الآن» تختلف من راصد إلى آخر، غير أن هذا الاختلاف يمكن تجاهله في

السرعات «العادية» والمسافات «العادية».

تذييل:

عن طريق علم التنجيم astrology، ثم بواسطة علم الفلك astronomy فيما بعد، تعلم الإنسان مفهوما للزمان يسود حياته اليومية ويؤثر على أعمق فلسفاته وعلومه. ونشأت عن اختلافات الأرض اليومية والفصلية مؤثرات تطورية في مملكتي النبات والحيوان، وتتجلى لدى بني البشر-على سبيل المثال-في صورة «ساعة بيولوجية» متأصلة في جبلتهم-انظر الفصل الرابع). مثل هذا التأثير على التطور يساعدنا على التنبؤ بحيث أننا لو اكتشفنا كوكبا مسكونا آخر يدور حول نجم بعيد، فإننا نستطيع أن نستنتج الكثير من المعلومات عن الكائنات الحية على هذا الكوكب من مجرد رصد مدة دورانه أي الوقت الذي يستغرقه ليكمل دورته حول نجمه الأصلي، ودرجة ميل محوره على مداره.

ومن المستحسن أيضا أن نتذكر أننا أبناء كوكب الأرض وأن مفهومنا للزمان يرتبط ارتباطا لإفكاك منه بتجربتنا اليومية والسنوية عن كوكبنا. والسؤال الذي يطرحه عالم الطبيعة: «ما هي طبيعة الزمان؟. قد يبدو خاليا من المعنى في نظر الكثيرين منا، ولكننا رأينا فعلا إحدى الطرق التي يمكن أن نتساءل فيها عن معنى «الآن»، وسنرى فيما بعد طرائق أخرى.

ومن الطريف أن ننظر فيما يمكن أن يكون عليه مفهومنا للزمان لو أننا كنا واحدة من تلك السحب المفكرة من المادة التي تسبح في الفضاء المنبسط بين المجرات والتي ظهرت في عدد من قصص الخيال العلمي. فنحن السحب لن تكون لدينا أية فكرة عن الحياة أو الموت مادمنا ننساق مع نوعنا (هذا لو كان هناك من يشبهنا في كواكب أخرى). وسنكون على وعي بظواهر فيزيائية معينة مثل الزحزحات الحمراء redshifts في أطياف تلك المجرات التي تبدو أضعف ما تكون، ومن ثم، قد يكون من المحتمل أنها أبعد المجرات عنا، غير أن الربط بين هذه الظاهرة بسرعة ما قد يكون أشد تعقيدا بالنسبة لنا من سكان الكوكب الذين تتحكم في حياتهم مشكلات الانتقال من نقطة إلى أخرى بالسرعة المناسبة، وبالتالي في الوقت المناسب. ولكن دعونا-نحن السحب-نسخر قدرا ضئيلا من الطاقة لنشرع في الدوران ببطء حتى تمر

عجلة المجرات على مهل أمام «أعيننا» وبالتالي لكي نتمكن من حساب عدد مرات العبور لمجرتنا الأكثر سطوعا. فهذه المجرة قريبة منا بحيث نستطيع فحص تركيبها، وتذوق ما تتمتع به من جمال، وبذلك قد ينصرف اهتمامنا عن مصادر الإشعاع الضعيفة الأخرى. فها نحن أولاء قد أمضينا فترة (قد تقاس بالثواني أو بآلاف السنين؟) بحيث اعتدنا على هذه الطبيعة الدورية لوجودنا، ولعلنا نبدأ في التفكير بأن ثمة شيئا خاصا عن الزمان.

قال أفلاطون إن الزمان والسموات ظهرا في نفس الآن واللحظة بحيث إذا كان مقدرا لهما أن يتحللا، فإنهما سوف يتحللا معا. على هذا النحو كان عقل الرب وتفكيره عند خلق الزمان. وربما كان الزمان شيئا لا يفكر فيه على الإطلاق سوى الكائنات التي تحيا على كوكب دوار كالأرض، يحيط به غلاف جوي يتسم بالصفاء. فمن المحال أن نربط الزمان بالشعور وحده. وكما يقول جون دن في قصيدته «شروق الشمس».

الحب، يرى الأشياء سواء.
فلا يعرف الفصول ولا الأجواء،
ولا يعترف بالساعات، أو الأيام
ولا بالأشهر التي هي جميعا،
أسمال الزمان البالية.

3 من المزولة الشمسية إلى الساعة الذرية

من المعايير التي يمكن أن نقيس بها نهضة الإنسان من الهمجية إلى مدنية العصر الحاضر رغبته المتزايدة في قياس مرور الوقت متوخيا أقل درجات التفاوت المسموح بها، وحرصه على جدولة السنين، ومعرفة الوقت المضبوط من اليوم أينما شاء. ولم يكن الإنسان البدائي، ساكن الكهف في عصور ما قبل التاريخ، يجد من نفسه اهتماما أو فهما للساعات والدقائق والثواني. كان ينهض مع الفجر، ويقضي يومه سعيا وراء الصيد الكافي والبحث عن الطعام الذي يمكن أسرته من البقاء، ليأوي إلى مضجعه عند مغرب الشمس حتى يولي الليل أدباره. ومع أنه كان يدرك-بلا ريب-أن نقطة الشمس العليا تشطر النهار شطرين، إلا أنه لم يحاول أن يقيس تقدم النهار إلا بعد أن شرع في جدولة تراكمات الأيام، أو بعبارة أخرى ظهرت التقاويم قبل الساعات.

ومنذ مرحلة مبكرة جدا لاحظ مرور الوقت من مشاهدته للظواهر الطبيعية المختلفة: اختلاف النهار والليل، والدورة القمرية، ودورات الحيض

الشهرية عند النساء، ومواسم السنة (الحصاد، سقوط الجليد، تجدد براعم أوراق الشجر، بالإضافة إلى موسم المطر، والجفاف، وفيضان الأنهار، وهجرة الطيور وما شاكل ذلك)، وكذلك النماذج النجمية (فمن الممكن حساب السنة من التقدم الدوري لمواقع البروج عبر السماء). ومن ثم كان اليوم، والشهر، والسنة أمورا طبيعية تماما، وتقسيمة زمنية يسيرة الملاحظة. ومن الجلي أنها كانت موضع ا لملاحظة بل والتسجيل (ربما بواسطة الطقوس الدينية) في عصور أقدم كثيرا مما تشير إليه أية تسجيلات باقية. وكذلك كان الزمان يقاس ابتداء من-أو بالرجوع إلى-أحداث أقل تواترا، كتعاقب الأجيال، أو وقوع كارثة خطيرة (مثل احتراق غابة أو فيضان، أو كسوف أو وباء).

التقاويم الأولى

حين نقرر أن السنة أمر «أن اليسير ملاحظته» فهذا-بالطبع-من قبيل التعميم أو لنقل تبسيط مسرف غاية الإسراف. فمن اليسير حقا أن نوقن بطول السنة-باختلاف طفيف لا يزيد عن أيام قلائل-من تكرار وضع نجمي معين وقت الفجر. والحق أنه قد تم اكتشاف قبيلة هندية في أمريكا الجنوبية في العقدين الماضيين، ما برحت تحسب انتهاء السنة بالنسبة لها من الترتيب الذي تظهر عليه مجموعة نجوم الثريا (وهي مجموعة محكمة مؤلفة من سبعة نجوم يمكن رؤيتها بالعين المجردة عند كتف برج الثور) قبل الفجر مباشرة وهم يستخدمون كلمة واحدة بعينها للدلالة على «السنة» وعلى «مجموعة الثريا». ومن ناحية أخرى. إذا حاول المرء أن يحتفظ بحساب لمرور الأعوام بأن يعمد إلى حساب الأيام، فإنه يواجه بكسور مربكة سواء لجأ إلى المعطيات النجمية أو القمرية. ذلك أن السنة الشمسية أقل قليلا من $365\frac{1}{4}$ يوما، على حين أن السنة القمرية (إثنا عشر شهرا قمريا، يتألف كل منها من $29\frac{1}{2}$ يوما) ليست إلا 354 يوما فحسب. وابتكار تقويم مضبوط بما فيه الكفاية يضع في حسبانه هذه الأرقام الغريبة دون الإخلال بالفصول-مثل هذا التقويم لم يتحقق إلا في القرن السادس عشر، ولم يقبل على نطاق العالم أجمع إلا في القرن العشرين.

والمدنيات القديمة جميعا تملك تقويما أيا كان شكله، وإن اختلفت أطوال الشهر والسنة اختلافا كبيرا. ولعل أقصرها هي السنة المقسمة إلى ستة

أشهر وتلتزم بها بعض الشعوب الاستوائية. وهذه السنة تحتوي على فصل مطير وفصل جاف-أي دورة واضحة. واتخذ البابليون القدماء أيضا في مرحلة من مراحل مدنيتهم، سنة عدتها ستة أشهر، قائمة على الخسوفات القمرية. وكان حساب الأيام والأعوام عادة من مسئولية الكهنة، وذلك لأن الاحتفاظ بأي حساب على الإطلاق كان أولا وقبل كل شيء لأغراض دينية.

ويكاد يكون يقينا أن أقدم نظام للتقويم من وضع المصريين. وقد أقاموا سنتهم على أساس رصد النجوم، وبخاصة طلوع نجم (الشعري اليمانية) ونجم الكلب Dog Star مع الشمس، وكان هذا عندهم علامة على حلول السنة الجديدة. وحددوا الفترة بين هذين الطلوعين الشمسيين بأنها 365 يوما، قسموها إلى إثنى عشر شهرا، طول كل منها ثلاثون يوما، وإضافة خمسة أيام زائدة هي أيام النسيء في آخر السنة. وبعد أعوام قلائل فحسب أصبح من الجلي أن هذه المدة قصيرة نوعا ما، ذلك أن اقتران ظهور نجم الشعري اليمانية مع الشمس ومسيرة الفصول أخذت جميعا تتأخر عاما إثر عام في السنة الرسمية. ولكن، لما كان الحفاظ على التراث أيسر دائما من انتهاكه، ولأن حفنة قليلة من الناس خارج دائرة الكهنة هم الذين يمكن أن يعرفوا-على أي الأحوال-الموعد الرسمي، استمر الحفاظ على هذا النظام عدة قرون، وازداد التباعد بين التقويم والسنوات الشمسية. وفي نهاية المطاف بعد 1460 سنة شمسية (أي 365 x 4) توافق اليوم الأول من السنة الجديدة مع طلوع نجم الشعري اليمانية مقترنا بالشمس. وهكذا أمكن العمل بالنظام مرة بعد أخرى في إيقاع غير متطابق مع الشواهد. ونحن نعلم أن التقاء حدث بينهما في سنة 139 قبل الميلاد. ولابد إذن أن يكون التقاء آخر قد وقع قبل ذلك ب 1460 سنة، أي في عام 1321 قبل الميلاد، وقبل هذا التاريخ في عام 2781 قبل الميلاد وفي 1 424 قبل الميلاد. ونقطة البداية في نظام التقويم المصري تقع في إحدى هاتين السنتين الأخيرتين ومن المحتمل أن تكون سنة 4241 قبل الميلاد.

واستخدمت بابل وآشور قديما أنواعا من التقاويم قبل عام 1900 قبل ميلاد المسيح. وبعد فترة مبكرة في بابل عندما حاولوا اتخاذ سنة مؤلفة من ستة أشهر وقائمة على الخسوفات القمرية، توصلوا إلى سنة مكونة من أثنى عشر شهرا قمريا (354 يوما). وأضافوا شهرا ثالث عشر (أدرج في

التقويم بين شهرين موجودين) من حين إلى آخر، كلما دعت الضرورة إلى ذلك. وشاعت أسماء مختلفة للأشهر في المناطق المختلفة إلى أن توحدت الولايات (بحلول 1600 ق. م). وأخيرا ومع حلول القرن الخامس ق. م استخدموا الدورة الميتونية(*) التي أحلت شيئا من الانسجام بين السنين الشمسية والقمرية بإدراج سبعة أشهر كل تسع عشرة سنة.



الفيضان السنوي لنهر النيل في مصر إيذانا ببداية موسم الخصوبة، والذي كان يبشر به في مصر القديمة ظهور نجم الشعري اليمانية لأول مرة في السماء صباحا. وهذه اللوحة الجدارية التي يرجع تاريخها إلى القرن الثاني قبل الميلاد تصور الآلهة إيزيس برأس بقرة تروي القمح الذي بدأ ينبت من بين الأرض.

أما الأشوريون فقد أقاموا نظامهم على مطالع الشمس ومغاربها، وكانت لديهم أصلا (بحلول 1900 قبل الميلاد) سنة تتألف من 360 يوما منقسمة

(*) نسبة إلى الفلكي اليوناني الأثيني ميتون Meton

إلى أثنى عشر شهرا متساوية، أضيف إليها مدة مقدارها 15 يوما كبيسا (نصف شهر) كل ثلاثة أعوام. ووضعت فيما بعد نظم أخرى، من ضمنها النظام البابلي بعد أن قامت آشور بغزو بابل.

ومن شعوب البحر الأبيض المتوسط الأخرى التي اتبعت نظما تقويمية موغلة في القدم كان اليهود والإغريق. وقد طرأت على النظام اليهودي تغييرات هائلة في الثلاثة أو الأربعة آلاف سنة الأخيرة فاحتوى هذا النظام على سنوات متباينة الأطوال والأسس. وكان الحساب دائما عملية معقدة، بحيث يصعب علينا هنا الخوض في تفاصيلها.

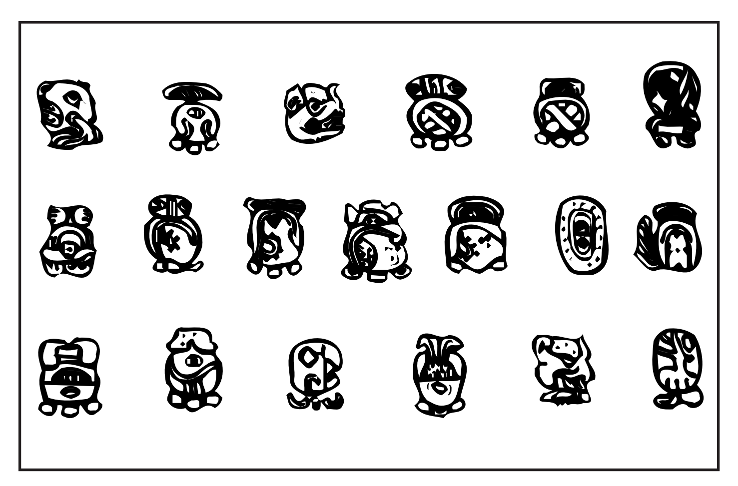
وربما ابتدأت التقاويم الإغريقية القديمة الأولى مع فترة حرب طروادة (حوالي 1200 قبل الميلاد). وكان لكثير من دويلات المدن نظمها الخاصة وإن تماثلت أسماء الشهور في كثير من الأحيان (ولكنها لم تكن تشير إلى الشهر نفسه). وتباينت نهايات السنة من ظهور أول هلال عقب الانقلاب الصيفي (أثينا) إلى الاعتدال الخريفي (مقدونيا واسبرطه) رغم أن التقويم المصري المخالف للإيقاع كان يلقي تحبيذا عند بعض اليونانيين. وقيل إن الإغريق لم يعبئوا كثيرا بدقة تقاويمهم، ومع ذلك، فمن المعروف أن كثيرين من الإغريق اعتادوا الاحتفاظ بتقاويم منصوبة على موائدهم (بارابجماتا Parapegmata) التي تتيح للمرء معرفة مواقع الأشهر القمرية، والاعتدالين، وما شاكل ذلك. والمعروف أن ميتون Meton الفلكي الاثيني هو الذي اخترع- في القرن الخامس قبل الميلاد-النظام الميتوني الخاص بحساب السنة الكبيسة والذي أشرنا إليه آنفا، وما برح سمة من سمات التقويم اليهودي حتى يومنا هذا.

ولم يقتصر استحداث التقاويم الأولى على منطقة شواطىء البحر المتوسط «مهد الحضارة». إذ عرفت آسيا وأمريكا أيضا نظما متقدمة تماما في عصور ما قبل التاريخ. ومن أقدم هذه التقاويم تقاويم مشابهة أساسا وضعتها قبائل المايا maya والآزتك Aztecs في أمريكا الوسطى منذ حوالي 3000 سنة قبل الميلاد. وكانت هذه التقاويم مبنية على أساس دورة من 260 يوما-سلسلة من عشرين اسما تعمل جنبا إلى جنب مع الأرقام من 1-13- وإن اختلفت الأسماء باختلاف المناطق والفترات. وعلى الرغم من أن هذه الدورة كانت مهمة للأغراض الدينية وللتنبؤ، فقد ربطت بسنة شمسية

من 365 يوما ومؤلفة من ثمانية عشر شهرا مسماة، يتكون كل منها من عشرين يوما، بالإضافة إلى فترة نسيء تسمى-Uay eb وهي فترة نهاية السنة وتحتوي على خمسة «أيام نحس»، وهذا يعطي سلسلة من52 سنة تختلف فيها تركيبات اليوم-الشهر في كل فترة من فتراتها التي تحتوي على 980 ,18 يوما، وهي الفترة المعروفة باسم «دورة التقويم» Calender Round. وهناك من الشواهد ما يدل على أن قبائل«المايا» Maya تمكنت من حساب الخطأ المتراكم بين سنتها ذات الـ 365 يوما وبين السنة الفعلية-لفترة تمتد حوالي أربعة آلاف سنة-وإن لم تقم بتصحيح تقويمها. وليس من شك في أن قبائل المايا كانوا يتمتعون بحس زماني بلغ درجة عالية من التطور، إذ استطاعوا أن يفكروا في حدود ماض وحاضر لا حدود لهما تقريبا. وتوفرت لديهم كلمات للدلالة على الأرقام الكبيرة (تزداد بمضاعفة الرقم عشرين) والتي تصل إلى الرقم 000 ,200 ,3 (20^{o}) الذي أطلقوا عليه لفظه كنشلتن Kinchiltun، كما شرعوا في «حساب طويل» للزمان عام 3113 قبل الميلاد. واستعملت قبائل الآزتك Aztecs نظاما مشابها، وإن تسمى بأسماء مختلفة. ولا نملك شواهد تدل على أنهم بدءوا في «الحساب الطويل» في وقت مبكر كما فعل شعب قبائل المايا، ولكن من المؤكد أنهم حسبوا الزمان على ذلك الأساس نفسه.

ويؤرخ التقويم الهندوكي بحوالي سنة 1500 قبل الميلاد، وقد قام أساسا على الأشهر القمرية، وإن أدخلت عليه تصحيحات وإضافات من حين إلى آخر للتأكد من أنه لا يسبق الزمان الشمسي. وكان هناك اثنا عشرة شهرا مسماة، ومنقسمة إلى ستة أزواج للدلالة على المواسم المختلفة (الربيع، الموسم الحار، الأمطار، الخريف، الشتاء. الموسم الجاف)، وكان الغرض الرئيسي من التقويم غرضا دينيا (كما كان في شطر منه أيضا علما كونيا Cosmographical) وكانت الطوائف الدينية الرئيسية الأخرى في شبه القارة الهندية من براهمة وبوذيين ويانيين-يتخذون تقاويم مشابهة.

وكان للصينيين-كما قد نتوقع-نظام معقد لحساب التقويم يعملون به منذ أقدم العصور. ومن المحتمل أنه يرجع إلى القرن الحادي عشر قبل الميلاد. غير أن المخطوطات المتأخرة تزعم أنه نشأ في القرن السابع والعشرين قبل الميلاد. وأهم سمة له أنه مقسم إلى فترات كل فترة تتألف



شهور السنة حسب تقويم شعب مايا وتظهر عدة شهور السنة ثماني عشرة شهرا، وكل شهر عشرين يوما؛ ثم الشهر التاسع عشر يوآيب وعدد أيامه خمسة أيام.

من ستين يوما، ولكل يوم اسم خاص به. ومنذ القرن السابع على أقل تقدير استخدموا نظام الدورات بحيث تتألف كل دورة منها من اثنتى عشرة سنة، وتقوم على أساس عبور كوكب المشتري Jupitr من خلال البروج. ولما كان هذا العبور يستغرق في واقع الأمر 86, 11 سنة، أدخلت تعديلات من حين إلى آخر لتتمشى الأعوام مع الموقع المرصود للمشتري. وفي موازاة هذا كله، كانت هناك النقاط الثابتة للاعتدالين والانقلابين، ومن ثم كان اللجوء إلي نظام الكبس أي حساب أيام إضافية في كثير من الأحيان.

وكان للرومان أيضا نظام مبكر هو التقويم الجمهوري republican calend-er الذي شاع استخدامه منذ عهد نوما بومبيليوس Numa Pompeleos (بداية القرن السابع قبل الميلاد) حتى تم إصلاحه في تقويم جوليان Julian Calender أثناء حكم يوليوس قيصر في عام 46 قبل الميلاد وينبني التقويم الجمهوري على أساس الشهور القمرية، وكان يضم 355 يوما. وأخذ يتعقد بتباين أطوال الشهور وحساب شهور كبيسة من وقت إلى آخر، أو بالتدخل السياسي في بعض الأحيان حتى إذا حلت سنة 46 قبل الميلاد كان الفرق بينه وبين زمان الطبيعة ثلاثة أشهر. ويعتبر تقويم جوليان أهم تقدم بالقياس إلى كل ما سبقه، لأنه كان أول تقويم يتأسس على سنة مقدارها $365\frac{1}{4}$ يوما،

مع إفساح المجال ليوم إضافي يدرج في فبراير كل أربع سنوات. (كان فبراير في الأصل هو الشهر الأخير في السنة في التقويم الجمهوري، وإن تغير إلى النظام الحالي قبل إصلاحات قيصر بأكثر من قرن). وبقى تقويم جوليان بوصفه النظام الأوروبي الرئيسي فترة امتدت إلى ألف وستمائة عام قبل إبدال التقويم الجريجورياني به.

وحين نتناول التقاويم القديمة، ينبغي على المرء أن يذكر الطبيعة التقويمية لبعض الأحجار الضخمة من نوع المغليث. ذلك أن دوائر الأحجار المنصوبة التي تشكل أطلال ستونهينج Stonehenge في ويلتشاير Wilshire صفت على نحو يشير إلى الانقلابين. أو بعبارة أخرى، إنها تشير بالتقريب نحو نقطة شروق الشمس في الانقلاب الصيفي (حوالي 21 يونيو/حزيران). وكذلك نسبت اصطفافات قمرية ونجمية متعددة ذات دلالة إلى الأحجار سواء كانت متفرقة أو في مجموعات، وإن كانت المواقع النجمية قد تغيرت بصورة ملحوظة في 3500 سنة أو ما يقاربها منذ تشييد ستونهينج، على حين أن عددا من الأحجار قد نقل أو استبدل، ومن ثم كانت هذه الاصطفافات أقل يقينا. ومثل هذه الاصطفافات الانقلابية نجدها بين أحجار المغيث في بريتاني Brittany، وبخاصة في كارناك Carnac حيث اكتشفت أيضا بعض الاصطفافات النجمية، وكذلك في الدائرة البديعة من الأحجار العمودية القائمة بالقرب من كولانيش Collanish على جزيرة لويس Lewis ضمن مجموعة جزر هبريدس الخارجية قبالة الساحل الغربي الاسكوتلندي Outers Hebrides ومن ناحية أخرى ثمة شواهد ضئيلة للغاية تشير إلى وجود مثل هذه الدلالة في حالة الهرم الأكبر (هرم خوفو) في الجيزة، بالقرب من القاهرة، ومع ذلك يزعم بعض الكتاب أن من بين أسباب تشييده أن يكون مرشدا إلى الاعتدالين ونبيئاً بالكسوفات. وهذا الزعم يرفضه الخبراء بشدة. وهناك ارتباطان وضعهما القدماء بين الزمان والمكان خليقان بأن نذكرهما: السنة الطويلة والانسجام بين الأجرام السماوية. فقد توصلت عدة حضارات قديمة كل بمفردها إلى مفهوم السنة الطويلة (أو العظمى أو الكاملة)، بوصفها طول الزمن بين الأجرام السماوية (الشمس والقمر، والكواكب، والنجوم) وهي في وضع معين، وبين عودتها إلى هذا الوضع. وأدرك علماء الفلك جميعا في هذه الحضارات أن عدة آلاف من السنين

لابد أن تنقضي، وهذا يدل على قدرة مبكرة للتفكير في حدود آماد طويلة جدا من الزمان. وحدد المصريون القدماء السنة الطويلة بأنها 30000 سنة. وفي القرن الثامن قبل الميلاد لاحظ البابليون أن النجوم تغير مواقعها السنوية بمعدل درجة واحدة كل 72 سنة، ومن ثم تستغرق 25920 سنة للعودة إلى أماكنها الأولى. وعلى المرء أن يتذكر أن النظريات القائلة بأن الأرض هي مركز الكون كانت مقبولة بوجه عام في ذلك الزمان، ولهذا كان من اليسير الاعتقاد بصدق الفكرة القائلة بمسارات لمواكب من النجوم الثوابت والجوالة، والتي تعود إلى هيكل تكوينها المحدد على مدى فترات طويلة ولكنها ثابتة، وتشير الفكرة بخاصة إلى العودة إلى التشكيل الذي كانت عليه عند الخلق. فهي تعني أن الكون عبارة عن تركيب منتظم ومتكافل يعتمد على بعضه بعضا ويبرهن على يد الإله (أو الآلهة). وقدر أفلاطون السنة الطويلة بحوالي 26000 سنة، واختار علماء الفلك الهندوكيون رقما مماثلا. أما العرب فقد أيدوا بقوة أن يكون مقدارها 49000 سنة.

ووفقا لنظرية الإغريق القدماء القائلة بأن الأرض هي مركز الكون، كانت الأرض في مركز الأفلاك السماوية الثمانية المتحدة المركز. سبعة منها تمسك بالكواكب (بما فيها الشمس والقمر، وباستثناء الكواكب يورانوس ونيبتون وبلوتو التي لم تكن معروفة حينذاك) وواحد منها يمسك بالنجوم الثابتة. وكان فيثاغورس Pythagoras في القرن السادس قبل الميلاد هو الذي اكتشف أن المسافات الموسيقية جميعا تخضع لنسب رياضية معينة، وتتوقف على تردد الذبذبات، واستنبط من ذلك أنه لابد من وجود نظام عددي وميزان موسيقي في الأشياء جميعا، سواء في الأرض أو في السماء. ولما كانت الكواكب تتحرك بسرعات مختلفة، فمن الواضح أن حركاتها سوف تنتج أصواتا وفق هذه السرعات، ولا مناص لهذه الأصوات من أن تتناغم في انسجام. وهكذا نشأت فكرة انسجام الأفلاك. ومع أن كبلر فند نظرية مركزية الأرض في مستهل القرن السابع عشر، إلا أنه تصور انسجاما جديدا للكواكب في مسافاتها وسرعاتها المتناسبة.

الأسابيع والساعات

ومع أن اليوم والشهر والسنة تقسيمات زمنية طبيعية، إلا أن الأسبوع

والساعة فترات تعسفية لا نصادفها في الطبيعة، وإنما حددها الإنسان. والناس على اختلافهم واختلاف أزمنتهم حددوا قيما متباينة لأطوالهما.

وبالنسبة لمعظم الشعوب البدائية لم يكن هناك ما يدعو إلى وجود هذا الشيء المسمى بالأسبوع، ولكن مع تزايد نمو الحضارة نشأ سببان: أحدهما الحاجة إلى تخصيص يوم منتظم من أجل العبادة الدينية. والسبب الآخر تجاري، إذ كان لابد من يوم محدد متكرر للسوق. وهكذا استخدمت الأسابيع بكل أطوالها المتباينة في مكان ما وزمن ما وتراوحت ما بين أربعة أيام (في غرب أفريقيا) إلى عشرة أيام (عند قبائل الإنكاس Incas في بيرو). وقد اتبع اليهود منذ أقدم العصور، وكذلك الرومان منذ ظهور تقويم جوليان، الأسبوع ذا الأيام السبعة (ربما آثروا هذا الرقم لما له من دلالة دينية) وخلال التاريخ الحديث قدمت الحجج لتعديل الأسبوع ذي الأيام السبعة إلى دورة أطول أو أقصر (دعا هـ. ج. ويلز H.G. wells إلى أسبوع من عشرة أو أحد عشر يوما مع عطلة لنهاية الأسبوع تمتد ثلاثة أو أربعة أيام) ولم يؤخذ شيء من هذه الاقتراحات مأخذ الجد بحيث توضع موضع التطبيق العام.

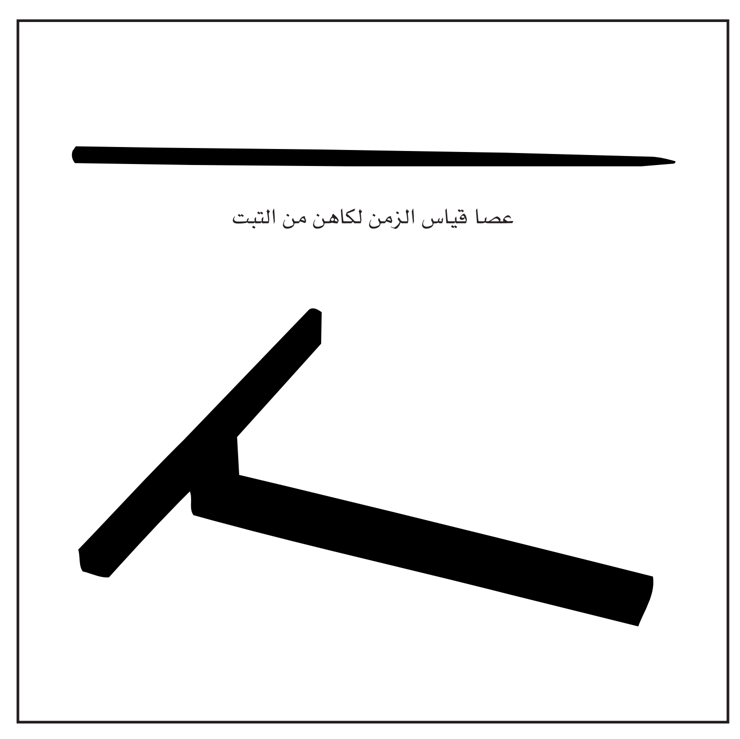
كما لم يكن الإنسان البدائي في حاجة إلى تقسيم اليوم إلى ساعات حتى تقدم بما يكفي لإنشاء الوسائل لقياس مرور تلك الساعات وإلى أن أخذ من المدنية قسطا كافيا ليقبل العرف الذي يقضي بالمحافظة على المواعيد لأغراض تجارية أو دينية، أو-بكل تأكيد-لأغراض المتعة والترفيه. وكانت الساعات التي تم تقسيم اليوم إليها متباينة إلى أقصى حد من حيث العدد والطول. فإذا كان المرء يتابع الزمان بواسطة الشمس ويقسم فترة النهار إلى إثنتي عشرة ساعة متساوية (على نحو ما فعل المصريون القدماء) فإن طول الساعة سيتغير تبعا للفصول، وسيكون معادلا للساعة الميعارية التي نعرفها في يومين فحسب من أيام السنة وهما يوما الاعتدالين. غير أن الحياة وفق نظام للساعات متغيرة الطول تبدو معقدة وغير ضرورية لنا، إلا أن هذا نظام ساد لعدة آلاف من السنين بين حضارات متباعدة أشد التباعد. و «الساعات الوقتية»هو الاسم الذي أطلق على هذه الساعات ذات الأطوال المتباينة. وكان أهل بابل يتبعون يوما وليلة عدة كل منهما ست ساعات وقتية، على حين اتبع العبرانيون القدماء نصف هذا العدد. واستخدم

اليابانيون الساعات الوقتية منذ أقدم العصور حتى القرن التاسع عشر: وكانت ساعاتهم الآلية يقوم بتسويتها «ساعاتي» كل أسبوعين، أو تبنى بحيث تبين أطوال الساعات المختلفة. ولأسباب دينية أيضا لم تكن أية ساعة من ساعاتهم يمكن أن تطلق عليهما صفة 1 أو 2 و3، ومن ثم، كانت ساعاتهم الست لكل نهار وليل تستخدم العددين 4 إلى 9 مرتين، مرة في تسلسل صاعد، ومرة في تسلسل هابط. وعلى العكس من ذلك، أنجز الصينيون في القرن الرابع قبل الميلاد نظاما متساوي الساعات، يحتوي كل من النهار والليل فيه على اثنتي عشرة ساعة. وفي أوروبا شاع استخدام الساعات الوقتية حتى القرن الرابع عشر وهذا معناه أن ساعات النهار (التي يمكن أن تتراوح من تسع ساعات إلى ست عشرة في اليوم الواحد في خطوط العرض البريطانية) كانت تقسم إلى اثنتي عشرة ساعة حتى ذلك الحين.

مسجلات الوقت غير الآلية

لابد أن الإنسان البدائي لاحظ أن الشمس تلقى ظلا متغير الطول. ولعله لجأ إلى ظله الذي يتقاصر (أو ربما إلى ظل شجرة) كمؤشر على اقتراب الظهيرة، وإلى تطاول الظلال كنذير على غروب الشمس، وهو الوقت الذي يحتاج فيه إلى أن يأوي إلى بيته. وتباين اتجاه الظلال وتطاولها وتقاصرها لا مجرد يوم بيوم، ولكن وفقا للمواسم كان أيضا من الأمور التي لاحظها. وفي مرحلة من المراحل امتدت على الأرجح عدة آلاف من السنين قبل الميلاد، خطر لشخص ما لأول مرة قياس هذا الظل المتغير حتى يتمكن من تقسيم النهار إلى فترة الصباح، وفترة ما بعد الظهيرة. وربما كان هذا الشخص كاهنا، حريصا على معرفة وقت الأعداد لطقس معين، أو لعله كان فلاحا أو حرفيا احتاج إلى إنجاز عمل معين قبل غروب الشمس وأراد أن يتابع مراحل تقدمه. وتمثلت طريقة القياس في وضع عصا عمودية رفيعة أو عمودا (شاخصا) وحفر سلسلة من الأقواس أو الخطوط على الأرض لبيان طول الظل عند الفجر والظهر والمغرب وبعض النقاط الوسطية. ودعت الحاجة إلى تعديل مواضع الخطوط كل شهر أو نحوه لمسايرة الزاوية المتغيرة للشمس.

وكانت ساعة الظل على هذا النمط البسيط أول جهاز لتسجيل الوقت



ساعة ظل مصرية قديمة يرجع تاريخها إلى ما بين القرن العاشر والقرن الثامن ق. م.

اخترعه الإنسان. ومن المؤكد أن الشعب الصيني عرف هذا المبدأ منذ 2500 سنة قبل الميلاد. وأقدم جهاز بقى لنا حتى الآن هو أداة من مصر جاءت على نمط معقد نوعا ما، عمرها ما يقرب من 1000 سنة قبل الميلاد. والعيب الوحيد لهذا النمط المصنوع من الحجر والذي يبلغ طوله اثنتى عشرة بوصة، هو أنه كان بحاجة إلى أن يوضع في صف واحد مع قضيب القياس مشيرا نحو الغرب في الصباح. ونحو الشرق فيما بعد الظهر. ولم يصل إلى علمنا وجود النموذج الذي ينتهي كل طرف من طرفيه بقطعة على هيئة حرف T. وهناك إشارتان في الكتاب المقدس إلى المزاول الشمسية، في السفر الثاني من الملوك وفي سفر «إشعياء». وفيهما ذكر لحادثة واحدة بعينها وضعها الخبراء في سنة 741 قبل الميلاد. وفي السفر الثاني من «الملوك» الإصحاح 20: الآية 11 التي تقول فأرجع الظل بالدرجات التي نزل

بها بدرجات آحاز عشر درجات إلى الوراء».

وفي حوالي عام 340 قبل الميلاد قام الفلكي الكاهن البابلي بيروسوس-Bero sus بتطوير نموذج اكثر تعقيدا ودقة هو البناء نصف الدائري Hemicycle. وكان عبارة عن كتلة من الخشب أو الحجر بها منخفض نصف دائري وشاخص في المركز بحيث تحاذي قمته سطح قمة الكتلة. وحول السطح المقوس حفرت سلسلة من الأقواس، وقسم كل واحد منها إلى إثنى عشر جزءا متساويا لتدل على ساعات اليوم.

وأدخل الإغريق مزيدا من التطوير على المزولة الشمسية، بإجراء تجارب عديدة على المزاول نصف الدائرية والمزاول المسطحة المنصوبة بزوايا متباينة. وكان المواطنون جميعا (في مقابل الأرقاء) في الدول المدن يملكون مزاول شمسية تجعلهم قادرين على المحافظة على توقيت مشترك ثابت إلى حد معقول-حسب الساعات الوقتية، بالطبع. وكانت هناك كثير من المزاول الشمسية العامة التي تتكون من أعمدة طويلة. ومن ثم كان ذلك البيت الذي يرد في مسرحية «الضفادع» لأريستوفان حوالي 405 قبل الميلاد حيث يقول: «عندما يصل طول الظل إلى درجات عشر تعال للعشاء. وبرج الرياح في أثينا (المشيد حوالي عام 100 قبل الميلاد) ثماني الأضلاع وعلى كل جانب من جوانبه مزولة شمسية بالماء في جزء منها، إذ كانت أيضا ساعة مائية. وإذا أردنا الدقة، فإن هذه الأدوات جميعا كانت بالأحرى ساعات ظل وليست مزاول شمسية، لأنها كانت تنبئ بالوقت عن طريق طول الظل لاعن طريق اتجاهه.

وفي سنة 290 قبل الميلاد، استولى الرومان على مزولة شمسية من جيرانهم الأقربين الساميتيين Sammites، ومنذ ذلك الحين استخدموا مثل هذه الأجهزة استخداما كبيرا.

وأصدر البابا جريجوري الأول أوامره سنة 600 م بأن توضع المزاول الشمسية على الكنائس جميعا. واستمرت هذه العادة قرونا قلائل، وما برحت كثير من الكنائس السابقة على عصر النهضة في المملكة المتحدة، وفي القارة الأوروبية تضع مزاول شمسية على جدرانها. وهذه المزاول في معظم الأحيان من أبسط الأنواع-أي من نوع المزولة ذات الخدوش Scratch dial-ذات شاخص أفقي يسقط الظل من الجدار، على خطوط الساعة

المحفورة على جدار أسفل منه.

والعرب هم الذين أدخلوا مزيدا من التطوير على المزاول الشمسية. ففي بداية القرن الثالث عشر كتب عبد الحسن[*1] رسالة عن بناء خطوط الساعات على سطوح من أشكال مختلفة. ويرجع إليه الفضل في تعريف الغرب بالساعات المتساوية، وإن كان ذلك لأغراض فلكية فحسب.

وعندما شاع استخدام الساعات الآلية الأولى في أواخر القرن الرابع عشر، كان من المتوقع أن تختفي المزاول الشمسية سريعا وان يطويها النسيان. غير أن ذلك لم يحدث. إذ كانت الساعات مرتفعة الثمن ضخمة الحجم، ولم تبلغ درجة عالية من الدقة إلا في القرن السابع عشر، وتميل إلى إعلان بغضها للسفر بتوقفها أينما تحركت. وبالتالي، ما أن تحولت المزاول الشمسية إلى ساعات متساوية حتى احتفظت بميزات عديدة وازدهر تصميمها وإنتاجها خلال عصر النهضة، عندما ازداد تنوعها وتزيينها زيادة درامية. وظهر الشاخص المتعدد الزوايا المزدان في معظم الأحيان بحليات من الحديد المطروق والمنصوب تجاه نفس الزاوية التي ينحرف إليها خط العرض الذي يستخدم فيه، ولم تكن الساعات هي وحدها المحفورة على المزاول وإنما نقشت عليها أيضا تصميمات متشابكة وشعارات تخلو من المرح مثل: «الساعات سهام الزمن، من هذه السهام سهم مجنح بالموت» و «وكما تنقضي الساعات الطويلة، فكذلك تفني حياة الإنسان». وهذا النوع يشمل معظم مزاول الحدائق الشهيرة التي مازالت قائمة حتى الآن، والمزولة تكون أفقية في العادة، غير أنها قد تكون رأسية في بعض الأحيان.

وهناك نوع آخر يعمل على أساس مبدأ مختلف تمام الاختلاف. إذا تقطع فجوة في سقف بناء ما (كنيسة في معظم الأحيان) ومن خلال هذه الفجوة يسقط عمود من ضوء الشمس لينير شطرا من المزولة المرسومة على الأرضية تحته. وهناك على الأقل مزولة من هذا النوع مازالت مستعملة في كاتدرائية ميلانو.

ومن المزاول الشائعة بوجه خاص في عصر النهضة المزاول الغائرة وكان هذا النوع من المزاول يصنع بعامة من الحجارة وينصب فوق نصف دائرة،

(*1) لعله يقصد أبو علي الحسن بن الهيثم (965- 1039 م) عالم الفلك والبصريات وصاحب «كتاب المناظر».[المراجع]

ويدمج معظم الأحيان في جدران المنازل، أو يوضع فوق دعامات الكنائس أو شواهد الأضرحة.

وظهرت المزولة القرص خلال القرن الخامس عشر. وهي متنقلة ومؤلفة من قطعتين مستطيلتين (أو قرصين) من الخشب أو المعدن يربطهما معا مفصل على جانب واحد. وهاتان القطعتان مفتوحتان بزاوية تزيد على 590^{o} ليكشفا عن خطوط الساعات على وجوهها الداخلية، وكان الشاخص عبارة عن قطعة من وتر مشدود. ولما كان المسافرون يحملون معهم هذا النوع من المزاول الشمسية، فقد أصبح شديد الشيوع في القرن السادس عشر.

وأشد من هذا انضغاطا كانت المزولة الخاتم إذ لا يزيد قطرها عن بوصات ثلاث، مع فتحة كرأس الدبوس في حافتها يسطع فيها ضوء الشمس لينير خط الساعة. وكانت هذه المزاول التي ظهرت في أواخر القرن السابع عشر، قابلة للتكيف مع أي خط عرض أو أي فصل من فصول السنة. وكانت أشد تعقيدا بكثير من ساعات الظل الخاتم السابقة عليها وكانت تلبس فعلا حول الأصابع، مع شاخص مطوي.

وفي أواخر القرن الثامن عشر، أمرت كاترين العظمى قيصرة روسيا بوضع المزاول الشمسية على معالم الطريق بين سانت بطرسبورج وموسكو. وفي القرنين التاسع عشر والعشرين استحدثت سلالة المزولة الشمسية- الكرونوميتر الشمسي (ساعة محكمة الضبط) والهليوكرونوميتر العالمي- من أجل القياس العلمي الدقيق.

والمزاول الشمسية أو ساعات الظل صالحة للاستعمال أثناء ساعات النهار في الأجواء المشمسة (كان أكثر استعمالها في بلدان البحر الأبيض المتوسط)، ولكن ماذا عن وقت الليل والأيام الملبدة بالسحب؟ ولهذا وجدت منذ أقدم العصور نظم بديلة لتسجيل الوقت لم تكن تعول على الشمس.

ومن أكثر هذه الأجهزة انتشارا الساعة المائية Clepsydra or water Clock التي كانت مستخدمة بكل تأكيد في مصر قبل عام 1400 ق. م. وهي تتألف عادة من وعاء من المعدن أو الفخار به ثقب صغير في القاع يتسرب منه الماء بمعدل سبق تحديده. ومستوى الماء المتبقي يشير إلى الوقت الذي يمكن قراءته على مدرج منقوش على جانب الوعاء. وكانت هناك طريقة أخرى

بديلة تتطلب أن يطفو وعاء فارغ مثقوب داخل وعاء أكبر منه مملوء بالماء، وينبئ عن الوقت بواسطة معدل السرعة التي يملأ فيها الوعاء الأصغر بالماء. أو من الممكن أن يملأ وعاء غير مثقوب بقطرات تساقط من خزان موضوع فوقه.

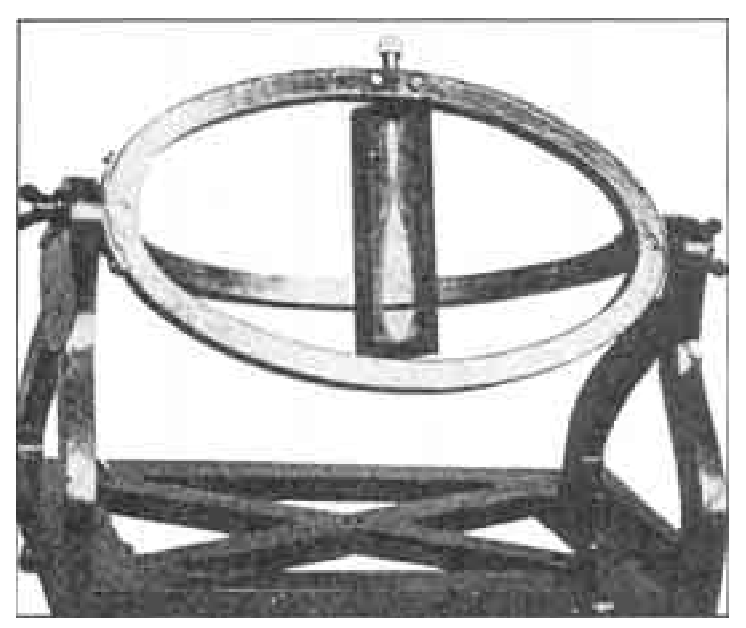
ولم يكن أي من هذه النظم دقيقا بوجه خاص، وعلى أية حال، كان لامندوحة لمقياس الساعات من أن يتغير بتغير الفصول إذا أريد له ألا يتعارض مع الساعات الوقتية المتغيرة التي تشير إليها ساعة الظل. ومع ذلك، انتشرت المزولة المائية بسرعة في أوروبا بأسرها إذ استخدمها اليونانيون (لتحديد طول المرافعات في المحاكم الأثينية، وفي غير ذلك من الأغراض الأخرى)، والرومان، والسكسون والعرب. واستحدثها الصينيون في استقلال عن غيرهم. وقد ملئت إحدى المزاول المائية في القرن الثالث عشر بالزئبق تجنبا للتجمد خلال الشتاء وفقا للأوامر التي أصدرها ألفونسو العاشر ملك قشتاله.

واقتضت نظم أخرى لتسجيل الوقت نفاذ الرمل من فتحة صغيرة (الساعة الرملية أو الزجاجية The Hourglass) واحتراق شموع مدرجة، أو حبال أو مقادير معلومة الوزن من الزيت أو البخور. وحققت الساعة الرملية أو الزجاجية قسطا كبيرا من الدقة، وشاع استعمالها قرونا عديدة (ويستطيع المرء أن يتجاهل اليوم دورها الأصغر الذي لا يتعدى ثلاث دقائق) ولعل الجيش الروماني كان أول من استخدمها لقياس طول الحراسات الليلية وإن لم يتبق لدينا شيء منها بمثابة دليل على ذلك.

وقد أعيد اكتشاف فن نفخ الزجاج على يد راهب من شارتر في القرن الثامن استطاع أن يصنع ساعة رملية. والموجود الآن من هذه الساعات يرجع إلى ذلك القرن. وقد صنعت الساعات الرملية لقياس مدد مختلفة منها $\frac{1}{4}$ الساعة و $\frac{1}{2}$ الساعة، والساعة، و 4 ساعات. وفيما عدا أقدمها، كانت كلها مزدوجة النهاية، ومن الممكن عكسها. وظلت النماذج ذات الساعات الأربع مستخدمة بانتظام فوق أسطح السفن لقياس الحراسات حتى أواخر القرن الثامن عشر، عندما صنعت كرونوميترات السفن لأول مرة.

ومن الأجهزة الأخرى الجديرة بالذكر الساعة الليلية أو ساعة الليل

التي صممت للإشارة إلى الوقت من مواقع النجم القطبي وكوكبه الدب الأكبر. وكان من الممكن إقامتها في فصل معين من السنة، وقد صنعت في القرن السادس عشر.



خطوة جبارة إلى الأمام: مزولة أوليفر الشمسية لحساب متوسط الزمن الشمسي، اخترعها عام 1892.

الساعات الآلية الأولى:

ليس من الممكن أن نقول متى أنشئت أول ساعة آلية حقيقية ولا من الذي أنشأها. وهذا الاضطراب ناجم عن عدم توافر الدقة في المخطوطات القديمة التي تشير إلى «ساعات» Horologes سابقة على القرن الرابع عشر، غير أن هذا المصطلح فضفاض إلى حد بعيد، إذ يشمل المزاول الشمسية والساعات المائية، وكذلك الساعات التي تعمل بالأثقال.

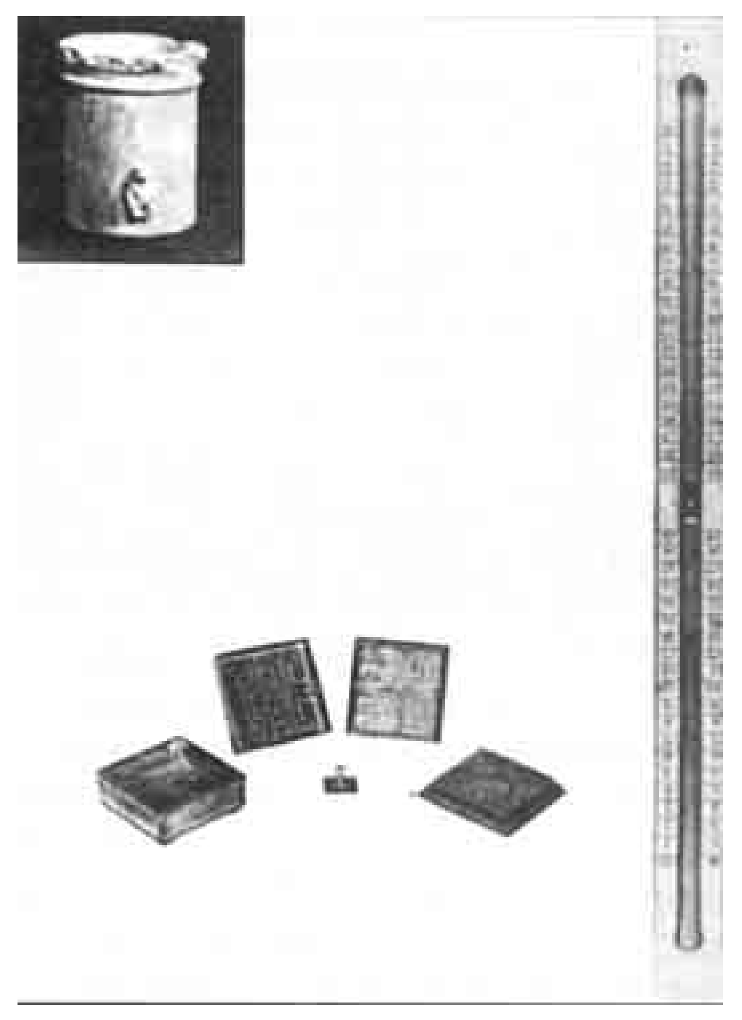
وكلمة ساعة clock مشتقة من الكلمة اللاتينية clocca ومعناها جرس، ومن المعتقد أن أقدم الساعات الآلية صممت بحيث تقرع جرسا كل ساعة من الزمن، بدلا من بيان الوقت بصورة مستمرة بواسطة ميناء وعقرب. غير أنه في الأديرة، قبل قرنين سابقين على تطوير الساعات الآلية، كان

من واجبات أحد الرهبان أن يراقب ساعة زجاجية أو ساعة مائية، أو حتى أن يقرأ بصوت مرتفع فقرة سبق توقيتها من الكتاب المقدس، وأن يقرع جرسا كل ساعة، وتمخضت هذه العادة عن الاعتقاد الخاطئ بأن الرهبان في القرنين الثاني عشر أو الثالث عشر (أو حتى قبل ذلك) هم الذين اخترعوا الساعة التي تسير بالأثقال.

وهناك خلط آخر ناشئ عن الأجهزة الأوتوماتيكية (الآلية-الذاتية)، وكانت تسير عامة بالقوى المائية-التي بناها العرب منذ القرن التاسع. وهذه الأجهزة كانت مصنوعة بعناية فائقة، مثل الساعة المائية الشهيرة التي أهداها خليفة بغداد للإمبراطور شارلمان عام 809 م، وكانت تدق الساعات (بواسطة محامل للكرات الساقطة)، وتعيد من تلقاء نفسها تجهيز ميكانيزم الطرق، ولكنها لم تكن ساعة آلية.

وأقدم ساعة حقيقية تسير بالثقل هي ساعة ميلانو التي وضعت في مصلى قصر فيسكونتي Visconti وكانت تدق الساعات وشيدت سنة 1335. وهناك إشارات قاطعة ترجع إلى ما قبل هذا التاريخ، مثل الإشارة إلى ساعة ما أوردها دانتي الليجييري Dante Alighieri في «الفردوس» (الجزء الثالث من الكوميديا الإلهية) وهو الجزء الذي اكتمل حوالي سنة 1320، غير أنه لم تتبق لدينا أوصاف موثوق بها. ولكن من المؤكد أن الساعات التي تسير بالأثقال والمجهزة بمضابط للانقلاب escapements قد استحدثت خلال النصف الأول من القرن الرابع عشر إذ وجد عدد كبير من الساعات العامة في أنحاء متباينة من أوربا في سنة 1350، وما بقى منها يشهد بتعقيد معين لا ريب أنه استغرق عقودا من الزمان ليبلغ هذه الدرجة من التطور.

أما أقدم الساعات الآلية فكانت تسير بمبدأ شاع استخدامه زهاء خمسمائة عام، وما فتئ مستخدما من حين إلى آخر في الساعات التي تصنع في يومنا هذا، هذا المبدأ هو مبدأ طاقة الأثقال الساقطة فهذه الأثقال تعلق بواسطة حبال ملفوفة حول طبلة مرتبطة بعجلة إلى سلسلة من تروس الساعة. وللحيلولة دون دوران الطبلة وسلسلة التروس بالسرعة التي تستنفد كل الطاقة الصادرة عن الأثقال بسرعة شديدة يستعمل ميكانيزم يعرف باسم مضبط الانقلاب. وأقدم مضبط أوربي، ومخترعه مجهول-هو مضبط اسطوانة العمود أو الترس الرئيسي. فهناك محور يؤدي من مجموعة



1- ساعة مائية مصرية قديمة يرجع تاريخها إلى القرن الثامن ق. م.
2- (الوسط) ساعة بخور صينية، وهي جهاز لقياس مرور الوقت على أساس معدل احتراق البخور.
3- ساعة رملية فريدة في نوعها، وير ساعة مدرجة لقياس الدقائق.

المسننات (وتدفعه الأثقال الساقطة إلى الدوران) يجعل الترس الرئيسي (أو العجلة) يدور، غير أن لمحور البندول سقاطتان مثبتتان فيه يتناوبان

إيقاف وإطلاق الترس الرئيسي كلما تأرجح البندول، بحيث تسمحان للترس الرئيسي بالانعطاف ببطء في سلسلة الهزات المتسقة (معدلات تغير التسارع) والتي تدفعه إلى الأمام ويقوم الترس الرئيسي أيضا بتوفير القوة الدافعة للمحافظة على تأرجح البندول. (ولكن لاحظ أن البندول لم يكن مستخدما للتحكم في سرعة الساعة بتزويد دقة منتظمة مدتها ثانية واحدة، لأن مثل هذا البندول لم يظهر إلا بعد ثلاثمائة سنة أخرى أو ما يزيد) والترس الرئيسي يمكن أن يتم تركيبه أفقيا أو رأسيا على السواء. فإذا كان رأسيا قام بتشغيله رقاص مسطح ويدور الرقاص إلى الوراء وإلى الأمام، معلقا بواسطة حبل رفيع، ويمكن تسوية الأثقال الموجودة على ذراعي الرقاص بحيث تجعل سير الساعة أسرع أو أبطأ (وإن لم تكن هناك مدة منتظمة للاهتزاز أو الدوران، وكان تنظيم هذه الساعات الأولى أمرا عسيرا).

ولابد أن تشير-عابرين-إلى وجود مضبط انفلات صيني قديم. وهذا المضبط موصوف في مخطوط صيني يرجع تاريخه إلى حوالي سنة 1088، بوصفه جزءا من ساعة مائية. وهو عبارة عن فنجان يملأ ببطء بقطرات من الماء. فإذا بلغ وزنه مقدارا معينا ضغط على ميزان بحيث يسمح لسلسلة من التروس بالتقدم بمقدار سن واحد من الترس، وتفريغ الفنجان أيضا بحيث يمكن إعادة ملئه. ويبدو أن كل دورة من هذه الدورات تستغرق حوالي ربع الساعة، وإن لم يتم العثور أبدا على نموذج صالح للعمل على هذا النحو. ومن المؤكد تقريبا أن هذا الجهاز لم يعرف في الغرب، ومن ثم كان مضبط انفلات اسطوانة العمود هو التطوير الموازي لذلك.

وأقدم ساعة باقية في إنجلترا هي ساعة كاتدرائية ساليزبوري Salisbury Cathedral، ويرجع تاريخها إلى حوالي عام 1382. غير أن هذه الساعة تم تحديثها على فترات امتدت عدة قرون، بحيث لم تعد تحتوي الآن إلا على النزر اليسير من مادتها الأصلية.

ومازالت ساعة كاتدرائية ويلز Wells Cathedral التي صنعت بعد ذلك بسنوات عشر، قائمة حتى الآن. وهي موجودة حاليا في متحف العلوم، بلندن. هذه الساعات القديمة كانت جميعا صناعة يدوية من الحديد المطروق بأيدي حدادين أو صانعي الأقفال-وهي مهنة شاقة. وهناك استثناء شهير هو ساعة دوندي Dondi clock التي بقى لدينا عنها وصف مفصل كتبه

صانعها سنة 1364. فهذه الساعة مصنوعة من النحاس الأصفر والبرونز والنحاس العادي، وتحتوي على سبعة أقراص بيانية مدرجة (موانى) تبين حركات القمر والكواكب، كما تبين الوقت على مينا مقسمة إلى أربع وعشرين ساعة. وكان صانعها «دوندي» إيطاليا، ويقال أن تشييد هذه الساعة استغرق ستة عشر عاما، حيث كان من الجلي أنها متقدمة على زمانها كثيرا.

وقليلة جدا كانت الساعات التي وضعت داخل صناديق حتى القرن السادس عشر-وإن كانت تلك الصناديق من الحديد على نحو يكاد لا يتغير أيضا-ومعظم الساعات التي صنعت في القرن الرابع عشر كانت ساعات أبراج، أي أنها قد أريد بها أن توضع في برج، وأن تدق الساعات كخدمة عامة، أكثر من أن تكون للاستخدام المنزلي، ولم تكن النماذج الأولى مجهزة بوجه أو بعقارب، وإن تكن هناك ساعات منزلية قليلة ذات عقارب (عقرب واحد لكل ساعة، ذلك لأن عقارب الدقائق لم تكن مستخدمة بعامة حتى القرن السابع عشر) قد صنعت في القرن الرابع عشر.

وكانت التقلبات التي طرأت على مضبط انفلات عمود الأسطوانة ونظام الميزان المسطح بالإضافة إلى صعوبة طرق المعادن بأدوات قياس متقدمة، كان هذا كله يعني أن الدقة لم تكن قد بلغت شأوا كبيرا، فكانت الأخطاء التي تصل إلى خمس عشرة دقيقة في اليوم الواحد شائعة. ومع ذلك كانت الساعات الآلية مطلوبة أشد الطلب بوصفها رموزا على المكانة الاجتماعية بين الأغنياء وأصحاب السلطان، وإن لم تكن أعظم نفعا من المزاول الشمسية والزجاجية والتي تستخدم لاختبار دقة تلك الساعات. وبذل صناع الساعات في أوروبا أقصى ما في وسعهم لإدخال التحسينات وكذلك محاولة إشباع الطلب على إنتاجهم، وعلى الرغم من أن الإيطاليين (ومنهم دوندي) كانوا خير الصناع الأوائل، فإن بعض مدن ألمانيا الجنوبية، وبخاصة نورمبرج وأولم وأوجسبرج، سرعان ما أصبحت مراكز ذائعة الصيت بطوائف حرفييها صانعي الساعات.

وفي السعي نحو مزيد من الدقة في تسجيل الوقت والبحث عن بديل للأثقال بوصفها القوة الدافعة كان بيتر هنلاين Peter Henlein-وهو صانع للساعات من نورمبرج-هو أول من صنع ساعة تسير بالزنبرك حوالي سنة1510، على وجه الاحتمال. (يدور شيء من الجدل حول هذه النقطة،

فالشواهد توحي بأن الساعات الزنبركية صممت في إيطاليا في السبعينيات من القرن الخامس عشر، وإن لم تتبق أية نماذج ترجع إلى ذلك التاريخ المبكر، على حين أن مذكرات ليوناردو دافنشي Leonardo da vinci تضم تخطيطا لميكانيزم بكرة زنبرك الساعة أي على منظم يعادل القوة الدافعة في زنبرك ساعة، يرجع إلى حوالي 1485- 90) والميزة الكبرى للساعة الزنبركية على ساعة الأثقال هو سهولة حملها ونقلها، وهكذا أتاحت الفرصة لبناء ساعات حائط منزلية أصغر وأكثر أناقة. كما مهدت لظهور ساعات اليد التي لم تلبث أن ظهرت لأول مرة بعد عام 1510، وإن لم يكن مؤكدا أول مكان صنعت فيه وهل هو ألمانيا أو إيطاليا.

ومن المشكلات التي كان لابد من التغلب عليها مشكلة كيفية الحصول على قوة موحدة متسقة (أو عزم الدوران) من الزنبرك فمن الطبيعي أن تمارس هذه القوة جذبا أكبر حين تكون مكتملة اللف عنها حين تقترب من الانتهاء. ووضع لهذه المشكلة حلان: بكرة زنبرك الساعة ومنظم الضغط Stack Freed وكانت بكرة الزنبرك اختراعا أهم كثيرا وطويل الأمد، ومازال مستعملا دون تغيير تقريبا حتى يومنا هذا في بعض الساعات المتقنة الصنع. فالزنبرك يبيت داخل شياق صغير على هيئة برميل، ويجذب حبلا أو سلسلة دقيقة من بكرة الزنبرك عبارة عن عمود دوران (مغزل) يتزايد قطره تدريجيا. والفكرة التي يقوم عليها هي أنه حين يكتمل لف الزنبرك فإن قوة جذبه تكون في مضاد القطر الأصغر، وحين يبدأ في فك التفافه يكتسب قدرة رافعة أكبر باجتذابه في اتجاه مضاد قطر يتزايد اتساعه من عمود الدوران، وبذلك يعمل على معادلة القوة المنقولة لسلسلة التروس.

والرجل الذي يعزي إليه عادة فضل أول تطبيق عملي لبكرة الزنبرك هو يعقوب تشيك Jocob Czech) من براج. وترجع الساعة التي صنعها وتحتوي على بكرة زنبرك إلى عام 1525. (هناك ساعة معروفة استخدمت بكرة الزنبرك يرجع تاريخها إلى سنة 1504، غير أن صحة هذا التاريخ موضع شك.).

ونحن نجهل أول مخترع لأداة تفريغ الضغط وأول من استخدمها. فهذه الوسيلة تلجأ إلى زنبرك ثان يكون بمثابة فرملة تقلل بالتدريج التأثير على عمل الزنبرك الرئيسي، وبهذا تعادل قوة هذا الزنبرك. ويتحقق هذا بواسطة



ساعة ليلية من كولونيا مصنوعة من النحاس الأصفر وتحمل توقيع (كاسبر فوبيللي). ومرسوم عليها أبراج السماء

الزنبرك الثاني حين يضغط في مضاد قطعه على شكل حلزون ذات قطر يتناقص تدريجيا وهكذا يكون المبدأ المستخدم هو نفسه المبدأ الذي تقوم عليه بكرة الزنبرك. وقد كانت وسيلة تفريغ الضغط أقل كفاءة بقليل من بكرة الزنبرك، ولكنها ظلت مستخدمة. وبخاصة بين صناع الساعات الألمان، أعواما عديدة.

وكان ظهور الحركة التي تشير بالزنبرك إيذانا بشيوع الساعات الصغيرة نسبيا القابلة للحمل. وكانت هذه الساعات في معظم الأحيان (خلال القرن السادس عشر) الساعات الطبلة، التي سميت كذلك وفقا لشكلها وكانت



ساعة فلكية صينية على هيئة برج ويرجع تاريخها إلى عام 1088 م.

المينا بعامة على الوجه الأعلى، ويميل هذا النوع من الساعات إلى الزينة المفرطة-وكثير منها مجهز بميكانيزمات الطرق والإنذار-وبعضها يندمج

فيه اسطرلاب، وكلها محلاة بطلاء من الذهب أو موضوعة في علب أنيقة. وينبغي أن نتذكر أنه على الرغم من قابلية هذه الساعات للحمل وقدرتها على الاستمرار في عملها أيا كان وضعها، فإنها لم تكن من الفئة نفسها التي تنتمي إليها ساعات الجيب، إذ أنها تتسم بمقاييس تصل إلى حوالي تسع بوصات من حيث القطر، وخمس بوصات من حيث الارتفاع. وصنعت منها أصناف دقيقة الحجم (منمنمة) بهذا الشكل نفسه (ساعات الحق أو العلب الصغيرة Canister watches). وربما كان قطرها بوصتين أو ثلاثا، وارتفاعها بوصة أو نحو ذلك، غير أن هذه كانت تتطلب أرقى درجات البراعة في الصنعة، كما أنها كانت أقل شيوعا. وكان لابد من رفع غطاء العلبة لقراءة الوقت. وكان المقصود من معظمها أن تكون ساعات تنبيه أثناء السفر، فإما أن تكون مزودة بجرس للإنذار أو ميكانيزم دقاق-وأحيانا بالاثنين معا. وكانت العلب عادة محوطة بحافة مليئة بثقوب صغيرة كثيرة لكي تسمح للجرس المصغر بأن يكون مسموعا على احسن وجه. وكانت هذه الساعات هي اللعب التي يقتنيها الأغنياء.

وما أن اقترب القرن السادس عشر من نهايته حتى صنعت ساعات الحائط القائمة التي تسير بالزنبرك. وكانت ساعات منضدة منزلية مزينة في معظم الأحيان بزينة جميلة.

وفي حوالي عام 1600 ظهر نوع من التجديد هو الساعة ذات المستوى المائل التي تسير بالجاذبية مباشرة. هذا النوع من الساعات يمكن أن يستغرق-على سبيل المثال-أربعا وعشرين ساعة لكي يفرغ زنبركه ببطء شديد على ذلك المستوى المائل الذي يبلغ طوله ثلاثة أقدام تقريبا. وهذه هي قوتها الدافعة الوحيدة. وكان العقرب مثبتا ويبين الوقت على المينا الدوارة الموضوعة داخل جانب العلبة.

ومن المهم أن نتذكر أنه خلال الثلاثمائة السنة الأولى للساعات الآلية-حتى عام 1650 تقريبا-أصبحت هذه الساعات بالتدريج أشد تعقيدا، وأرقى تزيينا، ولكنها لم تكتسب من الدقة إلا قليلا. وكان هناك في إنجلترا عدد قليل نسبيا من صناع ساعات الحائط وساعات اليد حتى أواخر القرن السادس عشر، ولم تبق من أعمالهم إلا نماذج قليلة. غير أن الصناع المهرة في قارة أوروبا أنتجوا الكثير من القطع البديعة خلال تلك الفترة (حتى عام

1650)، فصنعوا منها ما جاء على هيئة طبول، وتماثيل، وأبراج، وكتب وكرات أرضية.

إصلاح التقويم السنوي:

وقبل أن ننتقل إلى التقدم العظيم التالي في صناعة الساعات الكبيرة وأعني به اختراع البندول، ينبغي أن نصف في هذا العرض-إذا أردنا أن يكون وفق الترتيب الزمني-إصلاح التقويم السنوي الذي تم عند نهاية القرن السادس عشر. ذلك أن تقويم جوليان الذي بدأ عام 45 قبل الميلاد والذي أتخذ من الـ 365 يوما معيارا لطول السنة، تخلف تدريجيا عن السنة الشمسية. ومع أن هذا التفاوت كان طفيفا، إذ يقدر بحوالي 11 دقيقة و 14 ثانية في السنة، أو بيوم كامل كل 128 سنة-فقد أصبح كبيرا على مدى القرون. وبحلول القرن الثامن بعد الميلاد وقع الاعتدال الربيعي مبكرا عن موعده بثلاثة أيام كل سنة، وهي واقعة سجلها «بيد المبجل» Venerablle. وبحلول القرن الثالث عشر ارتفع الفرق إلى ما يزيد عن أسبوع. مما دفع روجر بيكون Roger Bacon إلى كتابة رسالته «إصلاح التقويم السنوي» De Reformatione Calendri وأحبطت في القرن الخامس عشر محاولة لإصلاح التقويم عندما اغتيل الفلكي الذي عينه البابا سكستوس الرابع Sixtus IV لحساب التغييرات الضرورية.

وكان البابا جريجوري الثالث عشر Gregory XIII، في القرن السادس عشر، هو الذي نجح أخيرا في وضع التقويم في موضعه الصحيح، وخلع اسمه عليه، وهذا هو التقويم الجريجورياني الذي نستخدمه اليوم. والتغيير الرئيسي الذي طرأ على تقويم جوليان هو إدخال القاعدة التي نقضي بأنه لا ينبغي اعتبار أي سنة قرنية Century year (عام 1700 على سبيل المثال) سنة كبيسة إلا إذا كانت تقبل بالضبط القسمة على 400، وهذا معناه إسقاط ثلاثة أيام من سنوات كبيسة كل أربعمائة عام. هذا النظام يقع في خطأ لا يزيد عن يوم واحد كل 3323 سنة (وأدخل تعديل آخر، بإسقاط يوم السنة الكبيسة الخاص لسنة 4000 بعد الميلاد-إذا كان لنا أن نصل إليها-(مما قلل الخطأ إلى يوم واحد في000 ,20 سنة).

وثمة تغيير آخر أشد تركيبا أحدثه التقويم الجريجورياني هو إدخال

فروق السنين القمرية[*2] (أي حسابات قائمة على أسس قمرية) لتحديد موعد عيد القيامة.

وبهذه التغييرات التي أشرف عليها كريستوفر كلافيوس، Christopher Clavius اليسوعي والرياضي الألماني (الذي سميت باسمه فوهة بركان قمرية)، أقرت معظم البلدان الكاثوليكية الرومانية هذا الإصلاح في سنة 1582. أما البلدان البروتستانتية فكانت أبطأ إلى اتخاذ التغيير. فاتخذت بريطانيا التقويم الجريجورياني سنة 1752 بعد كثير من التريث (عندما تمخض حذف أحد عشر يوما من سبتمبر أيلول لتصحيح تاريخ بريطانيا، عن احتجاجات، وعن الصيحة التي نادت «ردوا إلينا أيامنا الأحد عشر») ولم تتخذ روسيا هذا التقويم إلا في عام 1917، عقب الثورة.

وكانت المحاولة الجادة الوحيدة للخروج على التقويم الجريجورياني وإدخال نظام يختلف اختلافا أساسيا-هي التي حدثت في فرنسا في عهد الجمهورية الأولى. فأدخل التقويم الثوري سنة 1793 (وإن احتواه الفهرس من إعلان الجمهورية في العام السابق). وكانت السنوات تضم اثني عشر شهرا (وأعيدت تسميتها جميعا بأسماء شاعرية تتفق مع الفصول)، وينطوي كل شهر على ثلاثين يوما، مع إضافة خمسة أو ستة أيام زائدة. وابتدأت السنة بالاعتدال الخريفي (22 سبتمبر/أيلول)، الذي كان أيضا اليوم الذي يعقب تأسيس الجمهورية. وبعد مرور اثنتي عشرة سنة ساد المنطق السليم على النزعة الانفصالية، وعادت فرنسا إلى اتباع التقويم الجريجورياني ابتداء من أول يناير 1806.

ساعات أكثر دقة:

وفي هذا الوقت نفسه الذي تحولت فيه روما إلى التقويم الجريجورياني، كان جاليليو جاليلي Galileo Galili الذي لما يزل طالبا في أواخر العشرينيات من عمره يضع فكرة البندول بوصفه منظما للساعة بمراقبة مصباح يتأرجح معلقا بسلسلة طويلة في كاتدرائية بيزا Pisa. وأصبح فيما بعد عالما مرموقا (وإن يكن زنديقا لإنكاره اعتقاد الكنيسة الكاثوليكية الرومانية في مركزية الأرض للكون)، وحاول إنشاء ساعة ذات بندول.

غير أن أول ساعة ناجحة ذات بندول، والاستخدام العام للبندول بوصفه

(*2) epacto، وفي فترات تضاف إلى السنين الهجرية ليطابق عددها السنين الشمسية (المترجم).

ضابطا للوقت، لم يظهرا إلا بعد حوالي سبعين سنة أخرى. وكان كريستيان هيجنز Christian Huygensالفلكي-الفيزيائي الهولندي هو الذي صمم ساعة ذات بندول في 1656، مستفيدا في عمله من أفكار جاليليو الأولية.

ومع أن بندول هيجنز كان يدق دقات ثابتة مطردة إلا أنه لم يكن يدق بعد كل ثانية بالضبط. ومن المحتمل أن روبرت هوك Robert Hooke الفيزيائي الانجليزي هو الذي اكتشف حوالي عام 1660 أن بندولا ذا ثقل طوله 14 ,39 بوصة على وجه التقريب سوف تتابع دقاته كل ثانية واحدة بالضبط. وعرف هذا فيما بعد باسم البندول الملكي، وهو الذي أتاح شيوع استخدام الثانية مقياسا للوقت، وكذا استخدام عقارب الدقائق، ثم عقارب الثواني في نهاية الأمر، لتتحرك على مواني الساعات. (وجاء اشتقاق كلمة ثانية من الدقيقة الثانية، أي من التقسيم الثاني للساعة بستين قسما).

ومن المؤكد أن هوك هو الذي اخترع الميزان الزنبركي في حوالي عام 1660. وهذا ما يشار إليه في معظم الأحيان على أنه عجلة الموازنة أو الزنبرك الشعري Hairspring وأصبح منذ ذلك الحين سمة مهمة من سمات الساعات. إذ أدى بها إلى أن تصير مستديرة ومسطحة بشكل لائق وصالحة لحملها في جيب الصدرية. ولعل توماس تومبيون Thomas Tompion أحد معاصري وأصدقاء هوك أبرز صناع الساعات الإنجليز كافة وهو الذي وضع اكتشاف هوك موضع التطبيق.

وفي هذه السنة نفسها تقريبا (عام 1660) كان هوك، أو لعله وليم كليمنت William clement أحد صانعي الساعات في لندن، هو الذي اخترع مضبط الانفلات المثبت أو الارتدادي، الذي كان تحسينا عظيما لمضبط اسطوانة العمود. ومازال مستخدما حتى الآن (مع بعض التنقيحات الطفيفة).

وإن الجمع بين بندول الثانية الواحدة ومضبط الانفلات المثبت هو الذي جعل صناعة الساعات الدقيقة للغاية أمرا ممكنا لأول مرة (أدق بكل تأكيد من التوقيت الشمسي الذي يتباين بدرجة طفيفة، ومن ثم كان لابد من إدخال متوسط الزمن الشمسي-انظر الفصل الثاني). وبالإضافة إلى هذا، أصبح من الممكن تصميم ساعات تستطيع العمل مدة أطول كثيرا من الحد الأعلى الذي لا يتجاوز ثلاثين ساعة كما كان الحال فيما سبق. وتم التوصل إلى أن استخدام بندول أو رقاص ثقيل الوزن وله تردد قصير جدا (يصنع

زوايا قصيرة جدا تتراوح بين 3^{o} أو 4^{o}) يعطي أفضل النتائج ومن ثم فإن ساعات الرف الصغيرة أو ساعات المنضدة التي كانت شائعة سرعان ما استبدلت بها (في إنجلترا على الأقل) الساعات الطويلة العمودية التي وضعت بكل آلياتها وبندولها داخل صندوق خشبي. وكانت هذه هي بداية الساعة ذات الصندوق الطويل، الساعة الدولاب أو الصندوق، التي كانت سببا في ازدياد الطلب زيادة هائلة على تجار الأثاث القادرين على تزيينها الزينة اللائقة. وبطولها الذي يصل في معظم الأحيان إلى سبعة أو ثمانية أقدام احتفظت هذه الساعات بشعبيتها في إنجلترا ما يربو على قرنين من الزمان. وكانت منها ساعة أوليفر جولد سميث Oliver gold smith «تلك الساعة المصقولة التي تدق وراء الباب». وصادف ظهورها، في الربع الثالث من القرن السابع عشر، بداية مرحلة من الازدهار والتفوق لصانعي الساعات البريطانيين.

ورغم أن ساعات الصناديق الطويلة هذه كان ينبغي أن تكون بالغة الدقة، إلا أن أصحابها سرعان ما أدركوا أنها تؤخر الوقت في أيام الصيف الحارة. ويرجع هذا إلى تمدد البندول: ذلك أن زيادة طوله بما يساوي واحد على الألف من البوصة تجعل الساعة تؤخر ثانية واحدة يوميا. وكان من اليسير تركيب قلاووظ إلى ثقل البندول بحيث يمكن تعديله يدويا غير أن صانعي الساعات كانوا يبحثون عن طرائق أوتوماتيكية لتعويض هذا الفقدان وهكذا تمكن جورج جراهام George Graham الذي اخترع في عام 1715 مضبطا لا ارتجاحيا وهو عبارة عن تنقيح للمضبط المثبت الذي تجنب مشكلة الارتداد- من أن ينتج سنة 1721 بندولا نحاسيا وضع فيه وعاء زئبقي. فإذا تمدد النحاس نتيجة ارتفاع درجة الحرارة انخفض مركز ثقل البندول وبذلك فإن تمدد الزئبق في وعائه سيرفع مركز الثقل بالمقدار نفسه. هذا الحل البارع مازال مستخدما حتى اليوم في بعض ساعات الحائط، كما هو الحال بالنسبة للمضبط اللاارتجاحي. ومن إنجازات جراهام الأخرى الوصول بالضبط الأسطواني لساعات اليد إلى حد الكمال حوالي عام 1725، بحيث أتاح لها أن تكون أرق سمكا وأكثر دقة عن ذي قبل.

واخترع جون هاريسون John Harrison من سكان يور كشاير جهازا أوتوماتيكيا تعويضيا مختلفا في عام 1725. وهذا الجهاز هو البندول ذو

الشبكة الحديدية، المصنوع من تسعة قضبان متوازية من الصلب والنحاس بالتبادل.

ويعد هاريسون مسئولا عن العديد من التجديدات الأخرى التي أدخلت على الساعات الكبيرة ومن بينها المضبط المسمي بذلك الاسم المرح: مضبط الجرادة في عام 173 0، ونظام لصيانة القوة في الساعة أثناء ملئها في 1734. (الساعة الكبيرة التي تسير بالثقل تتوقف عادة أثناء ملئها، ولكن في حالات معينة وبخاصة في الساعات العلمية أو الساعات ذات الدقة الفائقة، يكون من المهم بالنسبة لها أن تستمر في سيرها برفق. ويقتضي نظام هاريسون استخدام زنبرك مساعد).

ولعل أشهر إنجازات هاريسون في مجال الساعات تصميمه وصنعه لساعة يد دقيقة حقا يمكن أن تحافظ على عملها في البحر تحت ظروف العاصفة. ومن ثم تسمح بتحديد خط الطول الذي توجد فيه السفينة في يسر. وكانت المشكلة أن الساعات الكبيرة السابقة لم تكن تستطيع أن تواصل عملها في البحر، ناهيك عن الدقة! وعرضت جوائز عديدة ضخمة منذ عام 1598 فصاعدا، عرضها ملوك متوجون، وحكومات، ومجالس علمية لصناعة ساعة كرونومتر يمكن أن يقيس الزمن في جمع الأجواء. وفي عام 1659 صنع كريستان هيجنز ساعة بندولية تصلح للبحر، ولكنها لم تصمد في الجو العاصف.

ورصدت الحكومة البريطانية في عام 1714 جائزة قدرها عشرون ألفا من الجنيهات الإسترلينية للغرض نفسه. فكرس جون هاريسون شطرا كبيرا من حياته للوفاء بهذه المطالب الملحة، فأنتج كرونومترات مختلفة تسير بالزنبرك. وكان الكرونومتر الضخم الثقيل رقم 1 (قيل إنه كان يزن سبعين رطلا) ناجحا إلى حد ما، وفاز الكرونومتر رقم 4- وهو عبارة عن ساعة جيب كبيرة-بالعشرين ألفا كاملة في نهاية المطاف، وإن كان قد قدم إلى جورج الثالث في عام 1773 التماسا للحصول على أمواله. وجدير بالذكر أن نجاحه يرجع إلى النوعية المحسنة للزنبرك المصنوع من الصلب بقدر ما يرجع إلى قدراته الخاصة في صنع الساعات.

وفي خلال القرن الثامن عشر استحدث صانعو الساعات الإنجليز والفرنسيون كرونومترات بحرية أخرى متعددة على جانب كبير من الدقة.

الساعات الليلية الكبيرة:

كانت براعة صانع الساعات مطالبة في كثير من الأحيان بإنتاج ساعة كبيرة يمكن للمرء أن يعرف عن طريقها الوقت أثناء الليل، دون أن يضطر صاحبها إلى إضاءة النور. وابتداء من القرن الرابع عشر على أقل تقدير وحتى أواخر القرن التاسع عشر تم تصميم الساعات الليلية الكبيرة إما بوجود ضوء داخلها، أو بإعطاء الوقت باللمس أو الصوت.

ومن أوائل هذا الصنف ساعة تنبيه ألمانية مزودة بأزرار اللمس يرجع تاريخها إلى عام 1400 تقريبا. ولهذه الساعة مينا مقسمة إلى ست عشرة ساعة لتتيح معرفة الوقت في ليالي الشتاء الطويلة، مع وجود نتوء عند كل ساعة. ويكاد يكون من المؤكد أنها صنعت ليستخدمها الرهبان (توجد اليوم ساعات بريل التي يمكن قراءتها باللمس وإن تكن المينا لا تحتوي إلا على اثنتي عشرة ساعة فحسب.)

وابتداء من القرن السابع عشر، كانت ساعات الحائط تحتوي على شمعة أو مصباح زيتي. وهذا النوع كان يعمل بطرائق مختلفة، إما بما تبعثه من ضوء خلال قواطع عددية على شريط دوار، أو بالإضاءة من خلال مينا شفافة، أو حتى بإسقاط المينا كلها على جدار بطريقة عرض الشرائح.

وبينما كان بعض صانعي الساعات يجتهدون في أن يجعلوا ساعاتهم الليلية صامتة حتى لا توقظ النيام، كان بعضهم الآخر يركبون فيها أجراسا تردد ألحانا متآلفة. والتوفيق بين هذه وتلك يوجد في الساعات التي لا تحدث صوتا إلا إذ شد المرء حبلها وحينئذ تعلن بدقاتها الوقت المضبوط بالساعات وأرباع الساعة، والدقائق.

ساعات الزينة:

ومع أن جميع صانعي الساعات الكبيرة والساعات الصغيرة حرصوا على أن يبلغوا أعلى درجات الدقة دائما، إلا أن تصميم وإنشاء الساعات الدقيقة لم يكن هو شاغلهم الأكبر الذي يجلب إليهم الأرباح الطائلة، وإنما كان شاغلهم صنع ساعات الترف للأثرياء، وللأسرة الملكية بوجه خاص. وازدهرت صناعة الساعات الفرنسية تحت رعاية ثلاثة ملوك متعاقبين هم الملك لويس الرابع عشر والخامس عشر والسادس عشر. بل إن أصحاب

الحظوة من صانعي الساعات أصبحوا أعضاء في البيت الملكي، وكلفوا بإنتاج تحف من الساعات ذات منظر خلاب يحاكي ذلك التطور العابث المسرف لطراز الباروك الذي يعرف بالروكوكو rococo، وذلك حتى يستطيع الملك أن يسري بها عن بلاطه وضيوفه ويشيع فيهم البهجة. وكانت تلك الساعات أساسا إما ساعات تعلق على الحائط أو ساعات توضع على رف المدفأة أو على منضدة، وإن كان بعضها من الضخامة والثقل بحيث تقام على الأرضية: ذلك أن الساعات ذات الصناديق الطويلة لم تكن شائعة أبدا في فرنسا، وإن صنع منها القليل. وكثير من تلك الساعات الملكية كان يزين بطلاء ذهبي مبهرج على سطح النحاس الأصفر الذي يستعاض به عن الذهب ormolu work، وكان بعضها الآخر مطعما بالنحاس وعظام ظهور السلاحف وعروق اللؤلؤ أو الأحجار الكريمة. أما المواني فكانت مكسوة بالصدف في كثير من الأحيان. وكان من الشائع أيضا إدماج بعض أعمال النحت اللامتماثلة عمدا والتحف الغريبة الآلية الحركة مع تشكيلة من الحيوانات من ضمنها حاملي الساعة. ومن تلك القطع التي اشتهرت بفساد الذوق تلك الساعة التي صنعت للملك لويس الرابع عشر، والتي تنحني فيها النماذج المصغرة لرؤوس أوربا المتوجة لنموذج الملك الفرنسي قبل أن تدق الساعات وأرباع الساعات بالعصي الطويلة.

وكانت هذه هي الفترة التي انتشرت فيها الساعات الكبيرة والساعات الصغيرة التي تردد أنغاما. وهذه الساعات التي أصبحت ممكنة بفضل اختراع طريقة الدق بالجريدة المسننة والحلزون في عام 1676، صممت بحيث تنبئ بالوقت المضبوط بإصدار أنغام على فترات منتظمة. مثال ذلك، كانت الساعة المرددة للربع، تدق عند كل ربع ساعة لتعلم الوقت بالساعة، ثم تدق الأرباع بعد ذلك بنغمة مختلفة. أما الساعة المرددة للدقائق، فإنها تدق الوقت بالساعات وأرباع الساعات والدقائق كل دقيقة مستخدمة في ذلك ألحانا متمايزة.

وفي أماكن أخرى غير فرنسا لم يكن الطلب دون ذلك من حيث الإقبال الشديد على الساعات الغربية من قبل القادرين على اقتنائها ففي الستينيات من القرن الثامن عشر قام صانع الساعات الإنجليزي جون ارنولد John Arnold بصنع ساعة دقيقة الحجم بحيث يمكن أن تلبس كخاتم للملك

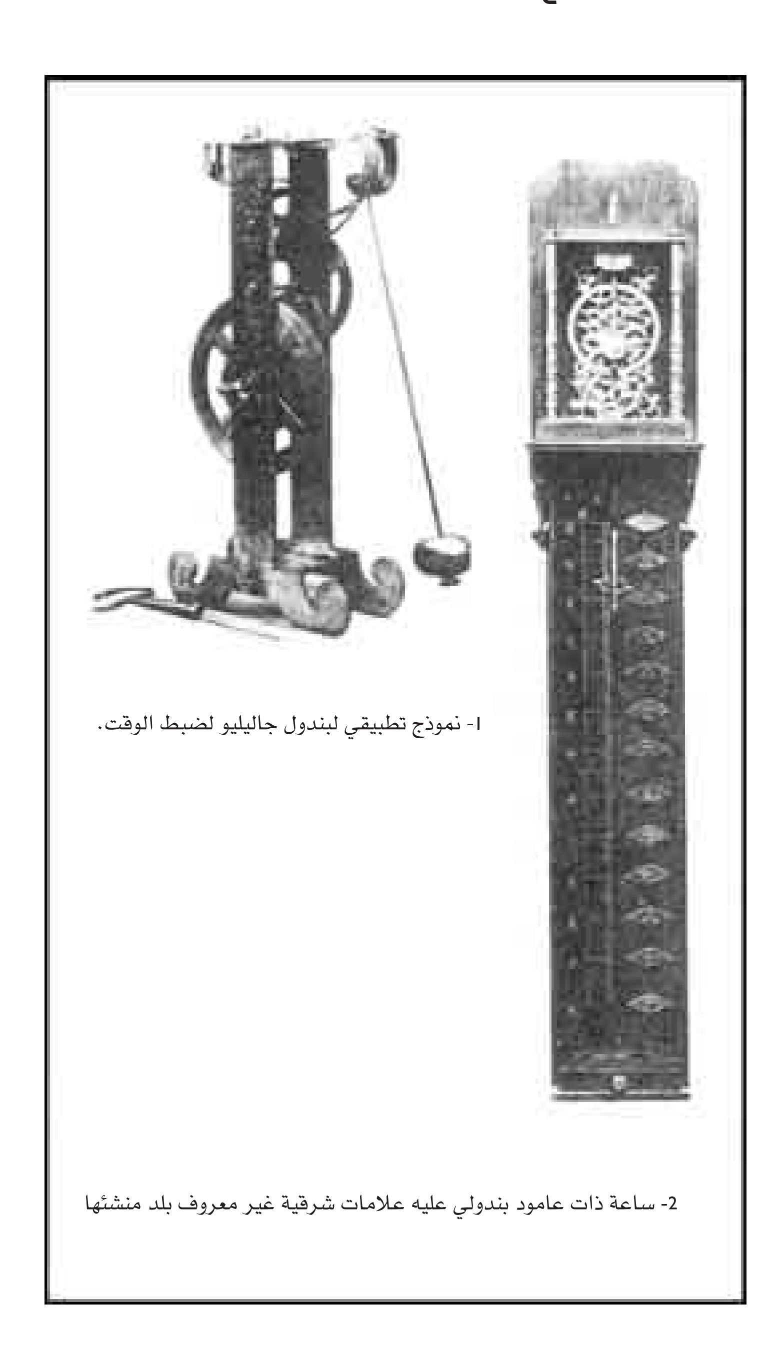
جورج الثالث وكان أجره عليها خمسمائة جنيه إسترليني، ولكنه رفض أن يتقاضى أجرا مقداره 1000 جنيه إسترليني لكي يصنع نسخة طبق الأصل منها لكاترين العظيمة قيصرة روسيا. غير أن كاترين اشترت الساعة الطاووس الشهيرة التي أبدعها صانع إنجليزي آخر هو جيمس كوكس James Cox (في هذا الوقت نفسه تقريبا وتمثل هذه الساعة نموذجا مركبا من الآلية الذاتية automation بما فيها (مع مباهج أخرى) من طاووس آلي في شجرة و«جدجد» (صرار الليل) يتحرك ليبين الثواني. وصنعت في إنجلترا في هذا الوقت نفسه تقريبا (الربع الثالث من القرن الثامن عشر) من أجل زبون صيني ساعة موسيقية تحتوي على ثمانية أيام مع زهور لوتس آلية تتفتح أكمامها وتنطبق كلما دقت الساعات، وقضبان زجاجية تدور عند القاعدة بحيث تعطي انطباعا بوجود شلال.

ومع نهاية القرن الثامن عشر لم تعد الساعة المنزلية بالترف الذي كانت عليه. إذ أخذت ساعة رف المدفأة بل وساعة الصندوق الطويل تنتج في طرز بسيطة من أجل الطبقات الأدنى في السوق. ومع ذلك، حين ظهرت الساعات الأولى الرخيصة المنتجة على نطاق واسع في أوائل القرن التاسع عشر، لم تكن هذه الساعات إنجليزية، أو حتى بافارية، ولكنها كانت أمريكية.

الساعات الكبيرة الأمريكية:

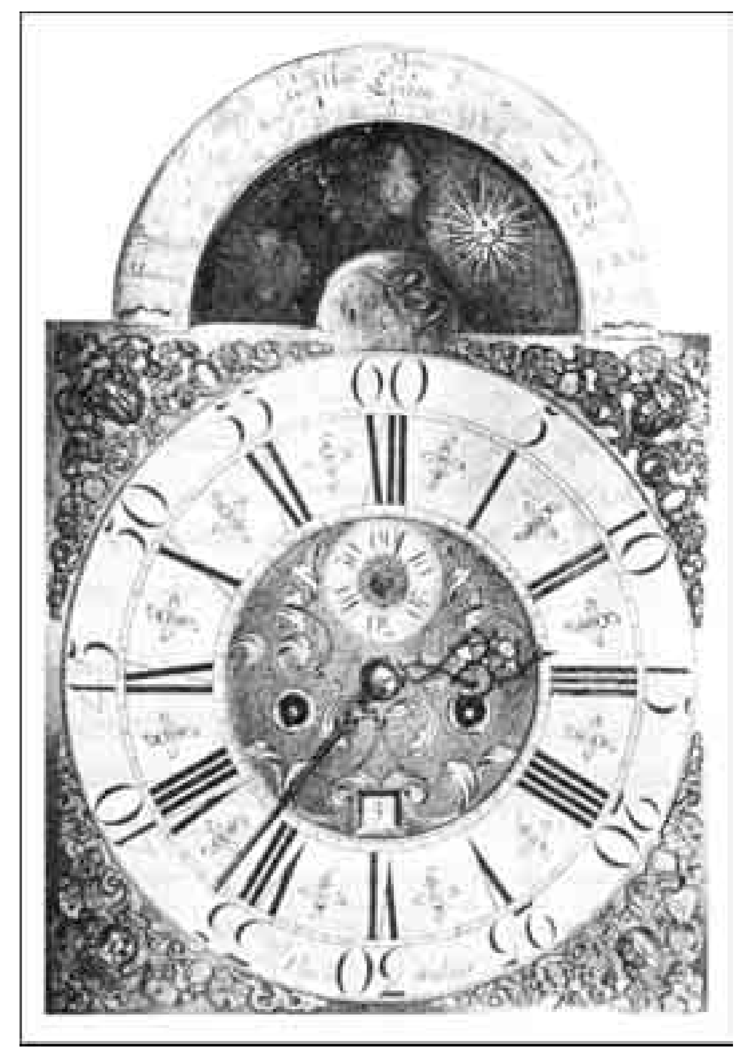
قصة صناعة الساعات الكبيرة في الولايات المتحدة الأمريكية واحدة من قصص التقدم السريع المذهل. إذ هاجرت حفنة من صانعي الساعات الإنجليز إلى مستعمرات نيو إنجلاند خلال القرن السابع عشر. ولكن يبدو أن شيئا من أعمالهم لم يتبق لنا من ذلك العهد. والحق أن عددا قليلا من الساعات الأمريكية الكبيرة عرفت قبل عام 1750، مع أن صناعة الساعات كانت مهنة مستقرة، وبخاصة في بوسطن، ونيوبورت، ونيويورك وفيلادلفيا.

وفي حوالي عام 1803 شرع إيلي تيري eli terry من ولاية كونكتيكوت في إنتاج بالجملة لساعات كبيرة مقسمه إلي ثلاثين ساعة متبعا لنظام قطع الغيار بدلا من التركيز على صنع ساعة واحدة فريدة في وقت بعينه، كما كان الحال على هذا المنوال دائما حتى ذلك الحين. وفي البداية كانت أجزاء الحركة في ساعاته مصنوعة كلها من الخشب، ثم استخدم النحاس فيما



ا- نموذج تطبيقي لبندول جاليليو لضبط الوقت.

2- ساعة ذات عامود بندولي عليه علامات شرقية غير معروف بلد منشئها



قرص ساعة مدرج يتميز بجمال رائع. وهي من إبداع صانع الساعات الشهير توماس أو جدين-يرجع تاريخها إلى عام 1750 م. والاعتقاد السائد أنها أول ساعة لها قرص مبين عليه التقسيم العالمي للوقت والسائد عالميا.

بعد. وأنشئت مصانع الساعات الكبيرة، وبدأ تصدير مئات كثيرة من الساعات الكبيرة الرخيصة، وبخاصة إلى إنجلترا.

ولكن، لا ينبغي افتراض أن الساعات الأمريكية جميعا كانت من هذا

الصنف الرخيص. فقد أنتجت ساعات بديعة بالغة الإتقان، وذات طراز أصيل، قام بصناعتها ديفيد ريتنهاوس David Rittenhouse وسيمون ويلارد Simon willard. ومن ابتكارات هذا الأخير كانت ساعة حائط كبيرة ذات بندول تشبه آلة البانجو الموسيقية، والتي أصبحت شعبية بعد عام 1800.

الساعات الكبيرة العلمية:

وخلال القرن التاسع عشر، طرأت من حين إلى آخر تحسينات على تصميم الساعات الكبيرة. وكان على رأس المخترعين لوي بريجيه Louis Breguet السويسري الذي يعمل في باريس. ففيما بين 1780 و 1823 أنتج كثيرا من الاختراعات المهمة، يتعلق العديد منها بالحفاظ على دقة الساعة الصغيرة مهما اختلفت أوضاعها. وتهيأت له بالفعل إمكانية صناعة الساعة الصغيرة المضادة للصدمات، وأمكن تطوير الكثير من أفكاره خلال القرنين التاسع عشر والعشرين.

ومن بين كثير من مضابط الانفلات escapements الجديدة التي تم تصميمها خلال القرن التاسع عشر، كان هناك نمط متخصص هو مضبط انفلات الثقل المزدوج ذو الأرجل الثلاث Double three legged gravity escapemeni للاستخدام في ساعة وستمنستر الكبيرة (التي تسمى خطأ بيج بن Big Ben الذي هو اسم الجرس فحسب). واستحدث هذا المضبط لورد جريمثورب Lord Grimthorpe عام 1852.

وفيما عدا الساعات الرخيصة جدا أصبحت جميع الساعات حينذاك أجهزة علمية تتميز بدقة بالغة. وكانت الدقة هي أكثر ما يستحوذ على اهتمام أهل العصر الفيكتوري، لا مجرد الزينة السطحية. وكما أصبحت أجهزة القياس بعامة أكثر ضبطا، فكذلك أمكن تحقيق فروق طفيفة جدا في صناعة الساعات الكبيرة والصغيرة. وتغيرت طرز تصميم الساعات الكبيرة، فابتداء من ثلاثينيات القرن التاسع عشر شاع استخدام الساعات الكبيرة المحفوظة تحت قباب زجاجية تكشف عن أجزاء الحركة في داخلها. وصنعت ساعات كبيرة أخرى لكي تحاكي جوانب من الثورة الصناعية، كالقاطرات الحديدية والجسور. وفي هذا الوقت بدأ البافاريون والسويسريون في صناعة صناديق خشبية منحوتة على هيئة أكواخ صيفية



نموذج لساعة من منتصف القرن 19 بها بكرة زنبرك واحدة ومينا أو قرص مفرغ حسب تقسيمات الساعات؛ ومطرقة تطرق ضربة واحدة مع كل ساعة زمن، وتستمد المطرقة والساعة قوة الحركة من الزنبرك المبيت داخل علبة أسطوانية موجودة بين حلقتين أسفل الساعة.

(شاليهات).

وفي عام 1880 أصبح توقيت جرينتش المتوسط هو الأساس الزمني المعياري للمملكة المتحدة بأسرها، وبعد أربع سنوات أخرى، عقب كثير من المناقشات الدولية، أصبح خط طول جرينتش مقبولا بناء على اتفاق دولي عام بوصفه خط الطول الأول الذي تحسب ابتداء منه المناطق الزمنية الدولية ودرجات خطوط الطول.

وللبرهنة على أن صناعة الساعات الكبيرة في أواخر القرن التاسع

عشر لم تكن معنية فحسب بالوصول إلى دقة علمية أكبر، لا يحتاج المرء سوى أن يذكر كارل فابرجيه Carl Faberge الصائغ والجواهرجي وصانع التحف الفنية البديعة لأعضاء الأسرة الإمبراطورية الروسية. فمنذ سبعينيات القرن التاسع عشر حتى قيام ثورة 1917 صنع عددا من الساعات الكبيرة الفاخرة سواء بنفسه أو تحت إشرافه. ولم تكن هذه التحف محلاة بسخاء بالمعادن الثمينة والأحجار الكريمة فحسب، بل كانت مصنوعة أيضا وفق أعلى معايير الدقة من حيث ضبط الوقت.

وكانت الخطوة التالية في تصميم الساعات الكبيرة خطوة أساسية، ولكنها بطيئة من حيث شيوعها للاستخدام العام بسبب مصاعب عملية. هذه الخطوة هي الساعة الكهربائية. وكانت أولى الساعات الكهربائية العاملة قد أنشئت خلال أربعينيات القرن التاسع عشر بواسطة ألكسندر بين Alexander Bain وهو اسكتلندي يعيش في لندن، غير أنه لم يكن ناجحا تماما بسبب الرداءة النسبية لنوعية المواد الكهربائية المتاحة حينذاك.

وفي عام 1894 أنتج كل من فرانك هوب-جونز Frank Hope Jones وجورج بوزويل George Boswell نظاما كهربائيا موثوقا به لساعة رئيسية كبيرة (معيارية). وكانت مزودة ببندول تستمر حركته بواسطة ذراع للثقل النوعي يستمد طاقته من بطارية كهربائية. وبزيادة طفيفة فحسب في الجهد الكهربائي Voltage يمكن أن تحفظ مواني ساعات ثانوية كثيرة عند توقيت واحد. ويستخدم هذا النظام لإمداد شبكات الساعات في مجمعات ضخمة بالقوة اللازمة، مثل محطات السكك الحديدية والمصانع. ولا تتقدم الأذرع عادة إلا كل دقيقة أو كل نصف دقيقة. والمحافظة على التوقيت المضبوط جيدة جدا، ونبضة الدفع تصل للبندول على نحو تماثلي وفي منتصف التأرجح، دون تعويقه بحال من الأحوال.

وتستخدم ساعة شورت Shortt ذات البندول الحر هذا المبدأ. وهي أدق جهاز آلي لضبط الوقت صنع حتى ذلك الحين، اخترعه وليم. شورت Wil ham H.Shortt عام 1921 واستخدمته المراصد إلى أن استحدثت الساعة الكوارتز البللورية. وتصل دقتها إلى واحد على أجزاء قليلة من الألف من الثانية في اليوم الواحد.

وقد كان استخدام مأخذ تيار رئيسي لتشغيل الساعات الكبيرة موضع

جدل عام 1895، غير أنه لم يصبح شيئا عمليا إلا عام 1918 في الولايات المتحدة الأمريكية، وعام 1927 في بريطانيا حين أصبح من الممكن استخدام تيار متناوب موثوق به، يسرى بسرعة خمسين دورة في الثانية (الدورات في الثانية تعرف على الأصح بالهرتز واختصارها Hz) في بريطانيا وستين هرتز في الولايات المتحدة الأمريكية. ومنذ ذلك الحين صنعت ملايين من الساعات الكهربية المتواقتة (المتزامنة)، وإن لم تكن هذه ساعات على الإطلاق-إذا أردنا الدقة-لأنها لا تتضمن جهازا لقياس الزمن. وما هي في الحقيقة سوى مقاييس للتردد تعتمد اعتمادا تاما على مصدرها الرئيسي للطاقة. ففي داخل الساعة محرك كهربائي بدوار يلف بنفس تردد التيار الواصل من المصدر الرئيسي. هذا التردد ينخفض بواسطة التروس الدودية Worm gears ليصل إلى ترددات الدوران اللازمة لعقارب الساعة، المختلفة. وتحاول محطات توليد القوى ضمان المحافظة على تردد التيار المتناوب. وقد تؤدي فترات الذروة في طلب الكهرباء إلى انخفاض في الفولطية (الجهد الكهربائي)، غير أن هذا الانخفاض في الفولطية سوف يقاس ويعوض عنه في الأوقات التي يخف فيها الطلب على الكهرباء بحيث لا تنشئ الساعات الكهربية الرئيسية خطأ متراكما.

ولقد شاعت في الخمس عشرة سنة الأخيرة الساعات الكهربية المزودة بترانزستور وتعمل بالبطاريات. إذ لما كانت تعمل ببطارية $1\frac{1}{2}$ فولت تدوم حوالي أثنى عشر شهرا، فإنها بعامة ساعات أرخص من تلك التي تعتمد على تيار الكهرباء البيتي وإن تكن أقل من حيث الوثوق بها. ومعظمها تسير بالزنبرك، الذي يعاد لفه كهربائيا كل بضع دقائق. وفي بعضها الآخر تقوم البطارية بدفع بندول أو ميزان. وقد ظهرت في السنوات الأخيرة الساعات الإلكترونية التي تعمل بالبطاريات الصلبة.

وخلال النصف الأول من القرن العشرين، جرى البحث عن أكبر دقة ممكنة لقياس الزمن للأغراض العلمية (الفلكية بوجه خاص). وفحصت أنماط مختلفة من الذبذبة الطبيعية لاكتشاف ما قد يكون فيها من ذبذبة ثابتة بحيث تصلح لأن تكون أداة لتحديد السرعة بدقة. وقد أدى هذا إلى استحداث ساعة الكوارتز البلورية أول الأمر ثم الساعة الذرية فيما بعد.

ومن الممكن جعل بلورات الكوارتز تتذبذب آليا باستخدام تيار متناوب.

هذا التذبذب ثابت إلى أقصى حد من حيث تردده، ومن الممكن أن تتوافق الذبذبات بواسطة دائرة كهربية لاستخدامها بعد ذلك في محرك متواقت ملحق بساعة كهربية. وعنصر تسجيل الوقت في الساعة الكوارتز الكبيرة عبارة عن حلقة من الكوارتز قطرها حوالي 22 بوصة. وهذا النظام شبيه بساعة كهربية متصلة بمأخذ رئيسي للتيار فيما عدا أن تردد الذبذبات أعلى كثيرا-حوالي 000 ,100 هرتز في الثانية وبالتالي فإن خفض السرعة بالتروس لابد وأن يكون أكبر، وكذلك من حيث الدقة فساعة المعمل الكوارتز البلورية المحفوظة في درجة حرارة موحدة تظل دقيقة إلى حد أجزاء قليلة من عشرة آلاف من الثانية في اليوم، بل إن نموذجا قابلا للحمل يمكن الوثوق به إلى حد واحد على خمسين من الثانية في اليوم. والساعات الأولى من هذا النمط استحدثها دكتور وارن ماريسون Dr WaffenA.Mathson عام 1929 . والساعات الصغيرة الرقمية Digital Watches التي أصبحت الآن أكثر شيوعا، تعتمد أيضا على بلورات الكوارتز.

والأدق من هذا كله-بل، والحق يقال، ذروة الدقة في ضبط الوقت-هي الساعة الذرية. فهذا نظام يقتضي ضبط آلية الساعة مع التردد الثابت للذبذبات داخل ذرات من أنماط خاصة-وكان أول من توصل إلى قياس تردد الذبذبة الذرية هو الدكتور ل. إسن DR L. Essen وزملاؤه في المختبر القومي في تدينجتون Teddington بالقرب من لندن عام 1900. وقد استخدمت حزمة من أشعة ذرات السيزيوم (وإن أجريت التجارب فيما بعد على ذرات الهيدروجين، والروبيديوم والثاليوم)، وعولجت في حجرة تفريغ بواسطة مجال مغناطيسي متناوب. وقيس تردد ذبذبة ذرات السيزيوم على أنها 9192631770 هرتز +20. وهذا مستوى من الدقة يبين في الساعة الذرية التي تعمل بهذا التردد، ويعادل خطأ لا يزيد عن ثانية كل 30000 سنة. وهذه الدرجة من الدقة أمر يتجاوز حدود فهم المرء.

وهذا التردد لذبذبة ذرات السيزيوم هو الذي أمدنا منذ وقت قريب جدا (1967) بالتعريف الوحيد للثانية، وبأساس نظامنا كله لتسجيل الوقت. والتعريف المعياري لطول الوحدات مشتق الآن على نحو مماثل، وإن تأسس على طول الموجات لا على ترددها أو تردد الذبذبات (غير أن طول الموجة يمكن حسابه من الهرتز بمعادلة بسيطة). وهكذا يمكن تعريف المتر الواحد

بأنه طول موجة الإشعاع البرتقالي المنبعث من عنصر الكربتون مضروبا في 1650763 ,73 ومقيسا في حيز مفرغ-وهو معيار طبيعي يمكن إعادة توليده إلى جزء واحد من مائة مليون.

وما كان لأسلافنا الغابرين الذين كانوا يرصدون الوقت من طول الظل، أن يتصوروا أبدا أنه قبل حلول عام 2000 بعد الميلاد-سوف يتمكن الإنسان من إنشاء أجهزة لتسجيل الوقت أدق بملايين المرات من الحركة الظاهرة للشمس نفسها.

كريس مورجان

4 زمان الجسم

الزمان بالنسبة للإنسان الحديث ساعة كبيرة على الحائط، أو إعلان في الإذاعة أو التلفزيون. فها نحن أولاء بغتة إما متأخرون أو مبكرون أو لعل الوقت قد حان للنهوض من الفراش أو الذهاب إليه. والثورات المتوالية في تصميم أجهزتنا لقياس الزمن أتاحت تقسيم اليوم تقسيما أفضل فأفضل إلى ساعات ودقائق وثوان، أو حتى أقل من ذلك بحيث لم يعد الزمن شيئا يمكن لأحد منا أن يقيسه كما تقيسه أجهزتنا. وتقاويمنا أيضا دقيقة، مضمونة؟ القمر يطلع في وقته، والشمس تغرب حسبما تشير بذلك. فالزمان يتألف من هذه الأشياء-أليس كذلك؟

وهدفي هو أن أبين لكم في الصفحات التالية لمحة عن الزمان حين يكون شيئا سوى ذلك-كيف يمكن أن يسود وأن يملي وأن يفسر سلوك وبنية الكائنات الحية جميعا، من أبسطها إلى أشدها تعقيدا، ومن البروتوزوا التي هي أكثر الكائنات الحية تواضعا إلى ما هو أبعدها عن التواضع-أعني الإنسان.

وبإيجاز، لمحة عن تعقيدات زمان الجسم-أو الزمان الذي هو في الداخل.

الإيقاعات الحيوية:

في بيئتنا العارية، إذا جردناها من الخرسانة المسلحة ومن الزجاج، ألفينا أن الإيقاع السائد في ظاهر الأمر هو الشمس التي تدور عبر السموات مرة كل أربع وعشرين ساعة. وهي التي تعطينا يومنا، ودورتنا النهارية، وقد فعلت ذلك حين بدأت الحياة منذ حوالي ثلاثة آلاف مليون سنة خلت.

وكل وظيفة فسيولوجية تقريبيًا تموج في أجسامنا تفعل ذلك في وقت يتناسب مع هذا الإيقاع. حتى أن بعض الكائنات العضوية التي تبدو في الظاهر خالية من الإحساس كالنبات مثلا تكشف عن نماذج من الحركة البطيئة أثناء النهار تساعدها في الحصول على الحد الأقصى من ضوء الشمس، على حين أن أجناسا كثيرة (مثل الميموزا) تكشف عن حركة مختلفة أثناء الليل تعينها على حماية أوراقها من البرودة.

ليس في هذا-بالطبع-شيء خارج على المألوف، فالشمس بوصفها مانحة للضوء والدفء تتلاءم بجلاء وعلى نحو مثالي بوصفها واهبتنا للزمان. أما الغريب حقا فهو أن هذه الإيقاعات اليومية لا تتوقف على الشمس أو أية دورة بيئية أخرى، هذا لأننا نتبع بدلا من ذلك يوما بيولوجيا حقيقيا. أثبتت ذلك باقتناع تام في الخمسين السنة الأخيرة البحوث التي أثارت ضجة كبيرة وكشفت عن رؤى وخبرات جديدة في كثير من جوانب علم الأحياء (البيولوجيا). وكانت بدايات هذه الثورة-على كل حال-شديدة التواضع إذ تتعلق بالحركات الليلية اللطيفة للنبات.

وكان العالم الفرنسي دوميران De Mairan هو أول من سجل هذه الملاحظة (1729)، وهي أن بعض أنواع النبات تطوي أوراقها أثناء الليل وتنشرها طيلة النهار؟ بل إنها حين توضع في ظلمة دائمة، فإن هذا الطي والنشر اليومي للأوراق يستمر دون توقف. وذهب دوهامل WOA (Duhamel) إلى حد إثبات أن هذه الدورة تستمر حتى إذا حلنا دون هبوط درجة الحرارة ليلا بواسطة التدفئة الدائمة. وهكذا، حتى في غياب الضوء أو ثبات درجات الحرارة، يبدو على النبات انه يعرف متى ينبغي أن يكون الوقت نهارا، ومتى ينبغي أن يكون ليلا. وتوسع دو كاندول De Candolle في هذه الملاحظات (1832) بمحاولة التأثير بخطط ضوئية مختلفة، فوجد أن الضوء الدائم يسبب المحافظة على الدورات، ولكنها تجري على نحو أسرع قليلا، فدورة الأربع والعشرين

ساعة تصبح أقرب إلى أن تكون 22 ساعة. وعندما دبر الأمر بحيث يسقط الضوء على النباتات أثناء الليل، وتحفظ في الظلمة خلال النهار، وجد أن دورة حركة النباتات بعد فترة من التكيف-تتبع اليوم المصطنع وتهجر اليوم الحقيقي. وهكذا، كانت نباتات «كاندول» تتذكر دورة النهار والليل العادية، ولكنها تتبع دورة أخري إذا أخضعت لها.

ورغم هذا النمط من الشواهد على وجود الإيقاعات في النباتات، إلا أن الفكرة القائلة إنها يمكن أن تحافظ على الوقت على أي نحو يشبه الساعة-ظلت حتى الخمسين السنة الماضية تعد مجافية للعقل. غير أن جارنر garner وآلارد Allard. وهما من علماء الفسيولوجيا (علم وظائف الأعضاء) العاملين في وزارة الزراعة في الولايات المتحدة-توصلا في عشرينيات هذا القرن، إلى كشف حاسم قدر له أن يغير تقديرنا للزمان البيولوجي تغييرا تاما.

إذ كان مطلوبا منهما حل مشكلة تتعلق بمعرفة السبب في أن سلالة جديدة من التبغ لا تزهر إلا في وقت متأخر من الموسم بحيث تموت النباتات من الصقيع قبل أن تنضج بذور التقاوي. وبعد فحص مؤثرات الشدة والتكوين الطيفي للضوء، ومشكلات صدمة الاستنبات، ودرجة الحرارة والتغذية تحول العالمان وقد أوشكا على اليأس إلى دراسة تأثير طول النهار، وهنا وجدا الحل. فباللجوء إلى حيلة بسيطة للاحتفاظ بالنباتات في الظلام مع الاقتصار على تعريضها عشر ساعات فحسب لضوء الشمس في النهار، استطاعا أن يجعلا النباتات تزهر في يوليو بدلا من الخريف. وهكذا تم حفز استجابة الإزهار لدي النبات نتيجة خفض ساعات النهار إلى الطول الأمثل للنبات والمعروف باسم الفترة الضوئية وثبت منذ ذلك الحين أن من بين جميع العلامات التي يمكن أن يستخدمها النبات للحكم على وقت معين من السنة-كانت هذه هي أكثرها وثوقا.

وربما كان هذا أول برهان علمي محكم على أن الكائنات الحية يمكن أن تتعرف بدقة على فترة زمنية، وأن تستخدمها لتنظيم سلوكها. ولم تلبث هذه الكشوف أن استخدمت استخداما طيبا في علم البساتين في أرجاء العالم أجمع، غير أن-دلالتها لعلماء الأحياء لم تتضح إلا بعد عشرة أعوام كاملة.

وكانت الكيفية التي تقيس بها النباتات هذه الفترة الحرجة بمثل هذه الدقة هي موضوع الفرض الشهير المثير للجدل الذي نشره إرفن بونبج Ervin Buning في عام 1936. وفكرته ببساطة هي أن النباتات تستخدم آلية (ميكانزم) باطنية للتوقيت تتألف من مرحلتين مدة كل منهما إثنتي عشرة ساعة وبذلك يؤلفان معا إيقاعا مدته حوالي يوم تقريبا. وفي مرحلة «النهار» (المرحلة العاشقة للنور) يعمل الضوء الساقط على النبات على تشجيع الإزهار، على حين أنه في مرحلة «الليل» (العاشقة للظلام) يوقف الضوء الإزهار. وفي صياغة بوننج لهذا الافتراض، لجأ إلى عدد آخر من الحقائق التي ثبتت حديثا، ومنها أن النحل يمكن تدريبه على زيارة محطة للتغذية في وقت معين من النهار بغض النظر عن التغيرات البيئية، وان توقيت الحركات الإيقاعية لنمو أوراق النبات يمكن أن يتغير تغيرا حاسما بتعريض الأوراق لفترة من الضوء، ولمرة واحدة، خلال فترة ظلام.

وكانت هذه الفكرة تتعارض تعارضا حادا مع الفكرة السائدة وقتئذ، وهي الفكرة القائلة بأن مدة رد الفعل الكيميائي الحيوي الموجه بواسطة الضوء هي وسيلة القياس. وأما توكيد بوننج أن النباتات تقوم بتوقيت الحوادث الخارجية بدورة يومية تقريبية باطنة فقد اعتبره الكثيرون أمرا مسرفا في الخيال. ومهما يكن من أمر، فقد أعقب ذلك فيض من الشواهد على وجود ساعة في حيوانات متباينة الأنواع مثل الطيور المهاجرة، ونحل العسل، ونباتات وحيدة الخلية والصراصير بحيث أصبحت ظاهرة الساعة اليومية الباطنة مقبولة الآن قبولا تاما لدى معظم العاملين.

وكان جوستاف كرامر Gustav Kramer هو الذي استنتج في الخمسينيات وجود ساعة في الطيور على أساس من قدراتها الابحارية الخارقة. والهجرة عبر مسافات بعيدة عمل من الأعمال المذهلة لكثير من أنواع الطير. فالوقواق البرونزي النيوزيلندي-على سبيل المثال-يطير كل عام ما يزيد على 3000 كيلو متر من موطنه مارا بأستراليا إلى أراضيه الشتوية في جزر سليمان ظ Solomon Is1ands. والشطر الأعظم من هذه الرحلة التي تند عن التصديق يقطعها هذا الطائر فوق بحر يخلو من المعالم: كيف يمكن للطيور أن تطير بهذه الدقة دون أن تسترشد بأي منظر أرضي؟ والطيور الصغيرة المولودة حديثا تعود إلى وطنها بمفردها، دون أن ترى الطريق من قبل أبدا؛ إذ يكون

آباؤها قد سبقوها بشهر على أقل تقدير.

واختار كرامر دراسة الزرازير الأوروبية الحبيسة في الأقفاص لملاءمتها للغرض-آخذا اتجاه ضروب التململ العصبية من أجل الرغبة في الطيران-والتي تظهر خلال موسم الهجرة-كمؤشر على الاتجاه الذي سوف تختاره هذه الطيور لطيرانها إذا أتيحت لها حرية الهجرة. وكان اتجاه هذه الحركات صحيحا دائما عند موسم الهجرة، حتى حين يكون كل منظر أرضي، والشطر الأكبر من السماء مطموسين تماما. وحتى حين تعطي لها صورة الشمس وحدها لهدايتها، فإنها تتجه بواسطتها اتجاها صحيحا-ولكن إذا انتقلت الصورة (بواسطة المرايا) فإنه يتغير إحساسها بالاتجاه: فيبدو على الطيور أنها تبحر متوسلة بالشمس. ولكن، كيف يكون ذلك ممكنا بينما يتغير موقع الشمس ساعة بساعة أثناء النهار؟

وللتأكد من صحة هذه الملاحظات، قام كرامر بتدريب الزرازير على تناول طعامها في الهواء الطلق من الساعة 7- 8 صباحا في الشرق، وذلك حتى تتعلم الطيران صوب الشمس لتنال غذاءها؛ وحين يطلقها في الساعة 45 و٥ مساء، بينما كانت الشمس في الغرب، ظلت تطير نحو الشرق-وبذلك تكون قد صححت مسارها بالنسبة للحركة اليومية الظاهرة للشمس. وعلى هذا النحو أيضا، قام بتدريب الطيور على تناول طعامها في الغرب طيلة اليوم في الهواء الطلق، ثم احتفظ بها تحت غطاء بحيث لا تهتدي بشيء سوى صورة ثابتة للشمس. ثم تناولت طعامها في الشرق في الساعة السادسة صباحا، وفي الشمال ساعة الظهيرة، وفي الغرب في الخامسة مساء! وهذا معناه أنها لجأت إلى «تصحيحها» المعتاد لموقع الشمس في وقت معين من النهار، حتى وإن كانت صورة الشمس ثابتة. وفي هذه التجربة الأخيرة، استبعدت أية إمكانية لأن تعطي الزاوية الرأسية للشمس فوق الأفق بذاتها مؤشرات على تقدم الوقت.

وهكذا كانت زرازير كرامر تتوجه ببوصلة شمسية تقوم بتصحيحها في وقت معين من النهار باستخدام إحساس باطني بالزمن. وهذه الساعة الحية أصبحت الآن أمرا معتمدا لا سبيل إلى إنكاره؛ ولم تعد هناك أية تفسيرات بديلة؛ فهذه الطيور التي أجري عليها كرامر تجاربه تمتلك كرونومترا باطنيا دقيقا. وبهذه الحقيقة انفتح طريق جديد كامل أمام البحث،

وولد علم جديد هو علم«الإيقاعات الحيوية» Biorhythms.

وجاء برهان آخر على الطبيعة الباطنة لهذه الساعة خلال تجارب مماثلة قام بها كارل فون فريش Karl von Frisch في هذا الوقت نفسه تقريبا على البوصلة الشمسية للنحل. فقد اكتشف في هذه الكائنات أن تحديد موقع المصدر الغذائي يقوم مكتشفه بتوصيله إلى بقية سرب الخلية بواسطة رقصة يؤديها على جدار رأسي في الخلية: وهذه الرقصة تكون على هيئة دائرة ذات قطر يقطعه راقصا على فترات. والاتجاه إلى «أعلى» يمثل موقع الشمس، على حين أن الزاوية التي يرسمها القطر مع هذا الاتجاه تعطي التوجه ناحية الشمس الذي ينبغي أن يتخذه النحل الآخر للعثور على الغذاء.

هذا كله شيء رائع، غير أن النحلة-في رقصتها-تصحح أيضا التغير الذي يطرأ على موقع الشمس أثناء النهار، دون أن تري فعلا هذا التغير.

ومضى فون فريش في فحص المزاعم السابقة التي تذهب إلى أن النحل يمكن أن يختزن في ذاكرته وقت النهار الذي يتاح فيه الطعام. وخيل إليه في البداية أن النحل يمكن أن يستجيب إلي مؤشر موجود في البيئة، غير أنه وجد النحل يصل في الوقت المضبوط باتساق تام حتى مع الاحتفاظ بثبات الضوء، والرطوبة، ودرجة الحرارة والشحنة الكهربية الجوية. إذن، لا شيء من هذه العوامل يمكن أن يزود النحل بمؤشر زمني. فقرر أخيرا أن الساعة تعتمد أما على نوع دقيق، نافذ العمق من الإشعاع (إذ أن التوقيت كان يدوم حتى في أعماق منجم للملح)، أو أنها باطنة حقا.

وبعد معوقات كثيرة، تمكن أن يضع هذه الفكرة موضع الاختبار بأن قام بتدريب النحل على أن يغتذي في وقت محدد في حجرة تقع في باريس ثم أرسل هذا النحل بالطائرة إلى نيويورك. فإذا كانت الساعة باطنية، فإن النحل سيظهر ليغتذي في الموقع بعد 24 ساعة بالضبط بعد وجبته الأخيرة؛ أما إذا كان معتمدا على مؤشر بيئي، فإنه سيعود إلى الظهور بعد 29 ساعة، وذلك لأن بيئة نيويورك«تتأخر» خمس ساعات عن بيئة باريس. وظهر النحل بالضبط في الوقت الذي تشير إليه ساعة باريس-وهذا معناه أن مسجلاته الميقاتية «باطنية» وأنها بمعزل عن البيئة.

وليس معني هذا أن ساعة الجسم لا تتأثر بالبيئة، إذ أن هذا سيكون بالضبط مسألة تشبه «وضع العربة أمام الحصان:< إذ ينبغي أن تعمل

الساعة الباطنية لمساعدة تكيف الكائن العضوي مع الظواهر الطبيعية المحيطة به وما يطرأ عليها من تغيرات دورية، لا العكس! ومثلما هو الحال في ساعاتنا الآلية لا يتم الحفاظ على دقة ساعات الجسم إلا بالرجوع المتكرر إلى مصادر الوقت الأكثر دقة.

وأهم مرجع زمني لمعظم الكائنات العضوية هو دورة النور/الظلام التي يتعاقب عليها الليل والنهار، كما أثبتت ذلك باتريشيا دوكورسى Patrieca De Coursey في تجاربها على حيوانات السنجاب الطائر. فهذه المخلوقات تنشط بعد حلول الغسق بزمن قصير، وتستريح أثناء النهار، ولكنها حين احتفظت بها في ظلام دائم في معملها، تحولت دورة نشاطها العادية التي تستغرق 24 ساعة إلى فترة تتراوح بين 24 ساعة و21 دقيقة و 22 ساعة و 58 دقيقة. وكان كل سنجاب منها متسقا تماما مع توقيته، بحيث لا يتفاوت إيقاعه الخاص إلا بضعة دقائق قليلة في اليوم الواحد. وعلى ذلك، فإن بعض الساعات-في غياب المؤشرات الزمنية البيئية-تجري بسرعة، وبعضها الآخر يسير ببطء.

ولكن، كيف تعمل هذه المؤشرات الضوئية؟ وجدت باتريشيا أن نبضا من الضوء يستغرق عشر دقائق لمرة واحدة في ظلام متصل كاف لـ «تشغيل» الساعة، غير أن هذا لا يحدث إلا إذا جاء قبل أن يوشك السنجاب الطائر على استئناف نشاطه الليلي المعتاد. ولهذا النبض تأثيران-فهو يؤخر بدء نشاط السنجاب، كما أنه يؤخر الساعة أيضا بمقدار معادل.

وفي البرية، يعني هذا التوقيت للحساسية الضوئية في هذه الفترة بالذات أنه حتى على الرغم من إسراع ساعة السنجاب اليومية قليلا، ومن إخباره بأن يبدأ نشاطه مع بقاء ضوء النهار، وهو المنبه البيئي، فإن وجود الضوء يكون سائدا، وقائما بتشغيل الساعة، ومرجئا للنشاط حتى يكون آمنا.

أما عن مدى قوة الضوء كعامل مزامنة فهذا ما أثبتته التجارب بتعريض النباتات لأيام مصطنعة ذات أطوال متباينة، مثل يوم يمتد عشر ساعات لكل من الضوء والظلام. غير أن النباتات تتبع حتى هذه الدورة المصطنعة، فتتجاوب معها بإيقاع يومي تقريبي لنموها مدته عشرون ساعة. ولكن ثمة «حد»، والإيقاعات التي تزيد على المدة من 20- 30 لا تتولد إلا تحت ظروف

غاية في الشذوذ (كبعض أشكال الاضطرابات الذهنية في القرود). ويبدو على وجه الخصوص أنه كلما كانت الكائنات العضوية أكثر تركيبا، كانت أشد صمودا لمثل هذه المعالجات؛ إذ تكون إيقاعاتها أكثر استقرارا وأقرب في طولها إلى أربع وعشرين ساعة.

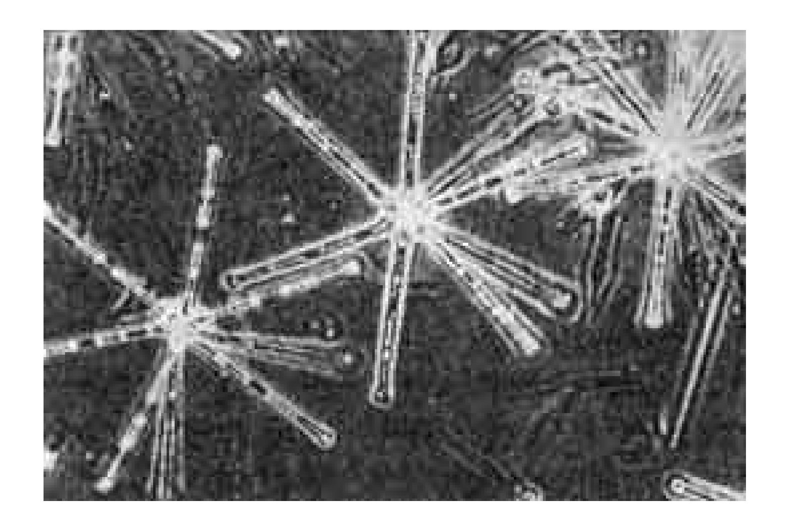
الساعة الداخلية:

وبالقياس إلى البحوث التي أجريت على وجود الإيقاعات اليومية التقريبية، لم تنل ميكانيزمات الساعة التي تولد هذه الإيقاعات وتحد موضعها من تلك البحوث سوي النزر اليسير.

ففي الفطريات الحُقِّية Acetabularia وهي فطريات ضخمة وحيدة الخلية يظل إيقاع التوليف الضوئي باقيا حتى بعد إزالة النواة، ولكن، إذا استبدلت بالنواة نواة أخري، فإن الخلية تتبع آنذاك إيقاع النواة الجديدة. ومع أن النواة تبدو على أنها تملي الإيقاع، فإنه من الممكن أن يستمر السيتوبلازم في تذكرها وإن غابت.

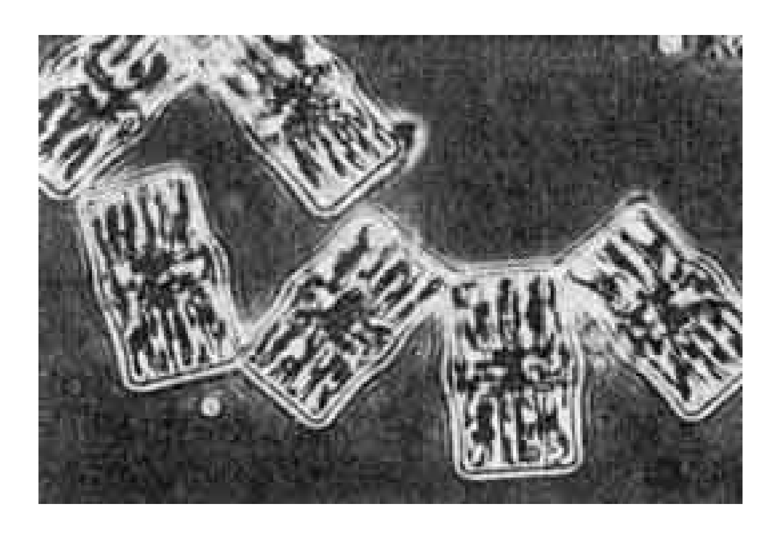
وفي النباتات المتعددة الخلايا تقل الشواهد على وجود ساعة مركزية واحدة، وتحافظ زريعة الخلايا على إيقاع يومي واضح (في غياب أية «ساعة رئيسية» مزعومة)، وفقدان الإيقاعات اليومية المشاهد في الظروف الثابتة سريع إلى أقصي حد. وفي بعض النباتات (كالشيكوريا مثلا)، يكون السبب الفعلي في زوال الإيقاع هنا هو انهيار التزامن، بين النباتات أولا، ثم بين عناقيد الزهور ثانيا، وأخيرا بين الزهور بعضها والبعض الآخر-إذ تدوم الحركات الإيقاعية لكل زهرة حتى آخر وقت. هذه بالضبط هي النتائج التي يمكن أن تتوقعها إذا كان لكل زهرة ساعة منفصلة، تتسق عادة مع الساعات الأخرى بإشارات مستمدة من البيئة.

وفي الحيوانات المتعددة الخلايا، يبدو أن نوعا ما من الساعة الرئيسية يعد ضروريا لتأمين التنسيق الفعال بين أنشطة الأنسجة المتباينة، ومن المحتمل أن يكون ذلك بواسطة رسائل هورمونية أو عصبية. ومع ذلك فإن زريعة الخلايا تستبقي دورات يومية من النشاط الإفرازي، ومعدل النمو وعملية الأيض (الميتابوليزم) في غياب هذه الساعة الرئيسية، ومن الممكن



حتى أبسط الكائنات العضوية الحية مثل الطحالب نجد الساعة البيولوجية في الجسم لها أثرها.

وفي الصورة مثالان لنوعين من الطحالب المستوية والنجمية.



تعديل المرحلة والفترة في أنماط مختلفة من أعضاء حيوان ما مستقلة تماما بعضها عن البعض الآخر. ومن المرجح أن كلا هذين النمطين من الساعة موجودان، وأنهما يحددان معا السلوك الزمني للخلايا الفردية.

وفي الستينيات من هذا القرن أجرت جانيت هاركر سلسلة من التجارب البالغة الدقة على الصراصير والتي يبدو أنها تبين موقع الساعة-على الأقل-في هذه الحشرة. والصراصير مخلوقات أرضية،. ولها في العادة فترة نشاط تسعى فيها، وتبدأ هذه الفترة بعد هبوط الظلام مباشرة. وقد وجدت جانيت أن الصرصور-حين يحفظ في نور مستمر-يدوم على إيقاعه أسابيع قلائل، يصبح نشاطه بعدها عشوائيا تماما. وفي سلسلة من العمليات البالغة الرهافة، وجدت أن إزالة الغدد الصماء لا تأثير لها على هذه الدورة من النشاط، غير أن العقدة العصبية الموجودة تحت المريء-وهي مجموعة من الخلايا في حجم رأس الدبوس-كانت جوهرية. وانتهى بها الأمر إلى إثبات أن أربع خلايا فحسب هي المهمة: إذا أنه بتحطيم هذه الخلايا بالذات بمكواة عالية التردد، يفقد نشاط الجري عند الصرصور كل مظاهر الإيقاع تماما.

وأجرت جانيت هاركر مزيدا من التجارب المتعددة، غير أنها حصلت على أغرب النتائج حين انتزعت هذه الخلايا من صرصور اعتاد على دورة واحدة من النور والظلام-وزرعتها في جسم صرصور آخر تعود على دورة يختلف إيقاعها مع هذه ب 12 ساعة بالضبط. فكان للحيوان الناتج عن هذه التجربة ساعتان أو تسجيلان للوقت بينهما 12 ساعة فرق. وكانت النتيجة مذهلة وغير متوقعة تماما ولم تلبث هذه الصراصير أن أصيبت بسرطان في الأحشاء (وهو أمر نادر جدا في الحشرات) واستشرى بسرعة ثم ماتت.

ومع أنه قد ثبت منذ ذلك الحين أن توقيت الدورة يتطلب أيضا وجود عضو آخر (جسيمات قلبية Copora ardiac) فإن هذه النتائج تشكل أقرب مكان توصل إليه أحد حتى الآن في تحديد موقع الساعة داخل نظم التحكم المتشابكة تشابكا معقدا في كائن عضوي حي.

أما الميكاينزم الدقيق للساعة على مستوي الخلايا فلا يزال حتى الآن، وبحكم الضرورة، موضوعا للنظر. ولعل أفضل نموذج مطو ر مقترح هو

نموذج«الكرونون» Chronon (المزمن) الذي وضعه «شارل إيريت».

ومن الضروري لفهم هذا النموذج أن نلم بشيء من أساسيات الكيمياء الحيوية biochemistry. فالخلايا تنتظم في قسمين رئيسيين-النواة المركزية والسيتوبلازم المحيط بها. وفي النواة تستقر الصبغيات (Chromosomes) وهي تركيبات للحامض النووي ح دن DNA حمض دي أوكس ريبو النووي (وهو عبارة عن جزئ مزدوج الجديلة يحمل المعلومات الوراثية DNA للخلية)، مع بروتينات متبانية، على حين يوجد في السيتوبلازم خط إنتاج لتصنيع البروتينات-الريبوزومات Ribosomes وتنتج البروتينات بتوليد نسخ من شذرات صغيرة من الحامض النووي ح دن DNA (الجينات) على هيئة ح رن حمض ريبو النووي RNA (حامض نووي أقل تركيبا من الحامض النووي DNA ويتخلل الخلية)، ثم تحويل هذا الجزيء الجرامي من ح رن RNA إلى سيتوبلازم حيث يوجه التركيبة بواسطة ريبوزومات البروتين المستهدفة شفريا بواسطة كل صبغية معينة.

وفي نموذج إيريت، يتم تنظيم سلاسل طويلة من الحامض النووي ح دن DNA في كرونونات(*). ويبدأ استنساخ ح دن مع تحويله إلى ح رن RNA في أول مورثة «جينة» في هذه السلسلة، ثم يتوقف لحين توليد البروتين المناظر لهذا الجزيء الجرامي من ح رن RNA ثم يعود إلي التوزع «لتشغيل» استنساخ المورثة أو الجينة التالية (بينما تنهى أيضا استنساخ المورثة أو الجينة الأولي). هذه العملية تكرر نفسها عدة مرات حتى يتم استنساخ جميع المورثات أو الجينات على هيئة جزئ جرامي من الحامض النووي الريبوزي ح رن RNA على التوالي. وبهذه الطريقة يؤدي الكرونون وظيفته كما يؤديها مضبط الانفلات في الساعة، حين يعمد إلى تقسيم فترات زمنية قصيرة متعددة ليتسع إلى فترة أطول كثيرا ومن ثم، يبدأ البروتين الأخير في إعادة العملية كلها، بعد مهلة طويلة، في دورة كاملة لاستنساخ الكرونون تستغرق يوما واحدا.

ويمكن تشبيه العملية كلها بنبض الثواني الذي تقوم به ساعة مقسمة

(*) الكرونون Chronon جزئ زمني افتراضي يحدده العلماء بأنه نسبة قطر أي إلكترون إلى سعة الضوء: أي الوقت الذي يستغرقه الضوء لاجتياز الإلكترون ويساوي تقريبا 10- 24 من الثانية Dict. of science, Penguin، 5 th. ed ..1984 (المراجع).

إلى يوم واحد. إذ تتبؤنا الساعة بعد 86400 نبضة بانقضاء أربع عشرين ساعة، وأنها تحتاج إلى إعادة ملئها. ومع أننا نقول إن الساعة قاست مرور 24 ساعة، إلا أننا نستطيع أن ننظر إليها أيضا على أنها قد أحصت دورة مكونة من 400 و 86 نبضة، وهي الدورة التي تصادف أنها تستغرق 24 ساعة (إلا إذا كانت الساعة بطيئة أو مسرعة).

وافترض إبريت بعد ذلك وجود كرونونات كثيرة مختلفة في ح دن الذي تحتويه الخلية، قليل منها فحسب هو الذي ينشط وينتشر معا في أي وقت اعتمادا على النشاط الكيميائي الحيوي الخاص لتلك الخلية.

ومع أنه من المعروف أن ميكانيزمات مماثلة لهذا تعمل في توليد الفيروسات البسيطة جدا التي تصيب البكتيريا مثل MS2 T4 و Q بيتا، إلا أنه لا تزال الشواهد قليلة جدا على هذا النمط من ميكاينزم التوقيت الخلوي في الكائنات العضوية العليا

افترض هـ شفايجر H. Schweiger وجود نمط بديل آخر من الميكانيزم لكي يفسر به لماذا لا يتوقف إيقاع التركيب الضوئي في الفطريات الحقية بفعل المواد الكيميائية التي نعرف عنها أنها توقف تركيب ح رن RNA والبروتينات وافترض أن التوقيت الخلوي يمكن أن يتطلب ذبذبة كيمائية أبسط، مثل تلك التي نلاحظها في مختلف المنظومات المتعددة الأنزيمات في مستخلصات الخلية-الحرة من خلايا الخميرة. هذه التنوعات الدورية في مستوى الوسائط الكيميائية تحدث على فترات تستغرق حوالي خمس دقائق فقط وحتى يتولد عن هذا إيقاع يومي لابد وأن يعمل معه شكل من أشكال نظام اختزال «العد» أو اختزال التردد.

وأيا كانت الميكانيزمات التي تعتمد عليها، فإن وجود الإيقاعات البيولوجية اليومية أمر ثابت تماما في كثير من الكائنات العضوية. ومثل هذه الدورات من الأيض، ومن الوظيفة الفسيولوجية، يمكن أن تؤدي أدوارا كثيرة-لعل أكثرها شمولا هو مجرد تهيئة الكائن العضوي لدورة يومية منتظمة من المطالب التي تقتضيها البيئة منه. ومهما يكن من أمر، فقد ثبت أنه في بعض الأنواع توجد وظيفة أكثر تخصصا للقيام بهذا الدور.

وعلى هذا النحو، تنقسم الدورة اليومية في الطيور المهاجرة والنحل، والنمل والعناكب-إلى ساعات قابلة للتحديد، بحيث تمتلك هذه الكائنات

العضوية ساعة حقيقية تستطيع بها أن تتنبأ بالوقت المعين من اليوم. ومن ناحية أخرى، فانه في كثير من النباتات والطيور في المناطق المعتدلة تقوم الدورة بوظيفة الساعة الميقاتية Stop watch التي تقيس طول اليوم، وبالتالي تتنبأ بالوقت الذي تكون عليه السنة، وبهذا تسمح للكائن العضوي بالتنبؤ بالمواسم.

فالزمان ليس مجرد شيء تستجيب فيه الكائنات العضوية: بل إنها تستجيب له، وتستمد منه المعلومات، وتتركب بواسطته. فهو بعد لحياتها بقدر ما تكون أي من الأبعاد المكانية مألوفة لها، بل لعله أن يكون أكثر من ذلك ألفة.

الزمان وأجسامنا:

ولكن، ما النتائج التي تعود على الإنسان من هذه الدراسات؟ كيف نتصرف بعد أن اخترنا أن نتبع ساعة آلية وأن نتجاهل ساعاتنا الباطنية الخاصة؟ وبقدرتنا على التحكم في البيئة، وعلى اختيار متى يبدأ النهار ومتى ينتهي الليل، هل نستطيع التحكم في ساعاتنا الباطنية الخاصة بنا؟

أثبت جيرس 1842 (Gierse) منذ قرن مضى، وجود إيقاعات يومية لدرجة حرارة الجسم. والحد الأقصى لدرجة الحرارة مرحلة تبدأ من الضحى أو آخر الصباح إلى بداية الليل، على حين أن الحد الأدنى من الحرارة (أقل من 0,5 إلى 1 مئوية) يقع في الصباح الباكر. هذه الاختلافات لا ترجع إلى الدورة السوية للنشاط فحسب، ولكنها تحدث حتى لو كان المرء مستيقظا الليل، أو ملازما للفراش طوال النهار. ولا يضطرب توقيت هذا الإيقاع اضطرابا له دلالته إلا في حالات المرض الشديد. ويختلف الأفراد على كل حال-من حيث المعدل الذي ترتفع به درجات حرارتهم في الصباح-ولعل هذا يفسر لماذا يستيقظ بعضنا مبكرا وفي يسر، على حين يظل البعض الآخر شاعرا بالنعاس في الساعة الحادية عشرة صباحا!

وإفراز البول أيضا يتبع نموذجا يوميا تقريبا، بمعزل عن النشاط: فتدفق البول من الكلى يكون في حده الأدنى خلال ساعات النوم المعتادة، بينما يبلغ ذروته في الصباح.

واكتشفت أيضا إيقاعات يومية أخرى عديدة للسوائل والهورمونات

الموجودة في الجسم: إذ أن زمن تجلط الدم أقصر أثناء الليل، عندما يكون مستوى غلوبولين جاما Gamma globlins-وهي الجزئيات التي تضفي المناعة ضد العدوى-في أدنى درجاتها (إذا كان من الممكن أن تنسحب النتائج المستخلصة من الفئران على بني البشر)، وكذلك تتباين الحساسية لكل صنوف العقاقير دوريا خلال النهار.

كل واحد من هذه الإيقاعات، وكثير من الإيقاعات الأخرى تبدأ في أعمار مختلفة: دورة تدفق البول تبدأ في عمر أسبوعين أو ثلاثة، درجة حرارة الجسم تمتد من خمسة إلى تسعة أشهر، إفراز الأيونات المختلفة (التي تعكس النشاط العضلي والعصبي) تتراوح من سنة ونصف إلى سنتين، ومستويات الدم لهرمونات الأدرينالين تستمر حوالي سنوات ثلاث. ومعظم هذه الإيقاعات تستمر في صورة متغيرة تغيرا طفيفا حين يعزل الأفراد من دورات الظلمة والنور البيئية، ويسمح لهم «بالانطلاق»-فهي إيقاعات يومية باطنية أصيلة.

ولم يبدأ الإنسان في إدراك أهمية الدورات اليومية إلا بعد أن شرع في محاولة التكيف مع دورات النشاط غير الطبيعية. ومع نشوب الحرب العالمية الثانية، بدأنا نتوقع حالة اليقظة في أية ساعة من الليل أو النهار-في المصانع أو في منطقة الحرب نفسها. ومنذ ذلك، أظهرت سجلات الحوادث التي تقع في النوبة الليلية أن المخاطر قد تزايدت بكثرة من جراء مثل هذه المطالب غير المعتادة، وأوحت تقديرات الأداء الذهني والبدني في المعمل بالسبب بعد أن كشفت عن حد أدني واضح للاستعداد في الفترة من 2 إلى 4 صباحا تقريبا، وهي الفترة التي تتوازى مع الهبوط اليومي لدرجة حرارة الجسم وقتئذ.

وإن الكثير من الأحداث الحاسمة في حياتنا-مثل الولادة الطبيعية والإصابات والنوبات القلبية-تكشف عن أنها تبلغ ذروتها في الساعات المبكرة من الصباح، بحيث تتزامن مع أضعف حالاتنا الفسيولوجية، وتلقي عبئا ضخما من الإجهاد على قدرتنا على التكيف.

وتدل التجارب التي يترك فيها المتطوعون لحرية التصرف في الضوء الدائم على أن الإيقاع اليومي للنوم واليقظة يتأثر بشدة الضوء، فكلما كان الضوء قويا، كان الإيقاع الناجم أقصر-غير أن هذا التأثير لا يكون إلا

ثانويا. والمحاولات الواعية لتغيير طول الدورة باءت بالفشل في معظم الحالات، وإن كان أحد الأفراد قد احتال على إطالة دورته في الضوء الساطع من 19 إلى 6, 25 ساعة.

ويبدو أن محاولات تغيير دورة النوم واليقظة تغييرا حاسما حتى تصل إلى 48 ساعة عن طريق معالجة مواقيت الإضاءة قد لقيت في البداية نجاحا أكبر. ولكن، على الرغم من أن المتطوعين استطاعوا العمل يوما مقداره 34 ساعة، ثم ينالون قسطا من النوم مدته 14 ساعة، فقد أفادت التقارير بأنهم كانوا يشعرون دائما بالنعاس وكأنهم في حالة بيات أو كمون. وأظهر فحص دورات درجة الحرارة في أجسامهم السبب في أنهم لم يتكيفوا مع دورة العمل الجديدة على الإطلاق. ومن ثم، فإنه على الرغم من عزمنا على القيام بدورات غير مألوفة من النشاط، فإننا نبدو غير قادرين على التكيف البدني، لأن هذا التكيف نفسي محض. والحياة على النحو غير المألوف طبيعيا، لا تقتضي بالضرورة أن تظل جميع إيقاعات الجسم الفسيولوجية في علاقاتها العادية ببعضها البعض. مثال ذلك أن أحد المتطوعين الذين أجرى عليهم يوجن آشوف تجاربه كشف عن دورة نوم وإفراز كلسيوم مدتها 23 ساعة، بينما كانت دورة إفراز الماء والصوديوم وأيون الأيدروجين مدتها 25 ساعة بحيث إن الدورتين خرجتا عن تزامنهما؟ ولكنهما تعودان كل ثلاثة أو أربعة أيام إلى علاقتهما السوية قبل أن تشذا عن المألوف من جديد. وفيما بعد أظهر فحص اليوميات التي كان المتطوع يحتفظ بها أنه في الأيام التي تتزامن فيها هاتان المجموعتان من الدورات، كان يشعر بأنه في أحسن صحة. وكثيرا ما نشاهد أيضا حالة انفصام مماثلة للدورات عند الأشخاص الذين يعانون من دوار الطائرة النفاثة Jetlag:(*1) أيمكن أن يكون ذلك هو السبب الفعلي لأعراض الصداع، والتهاب العينين، والغثيان وفقدان الشهية، وتصبب العرق، تلك الأعراض المألوفة عند بعض المسافرين التعساء؟

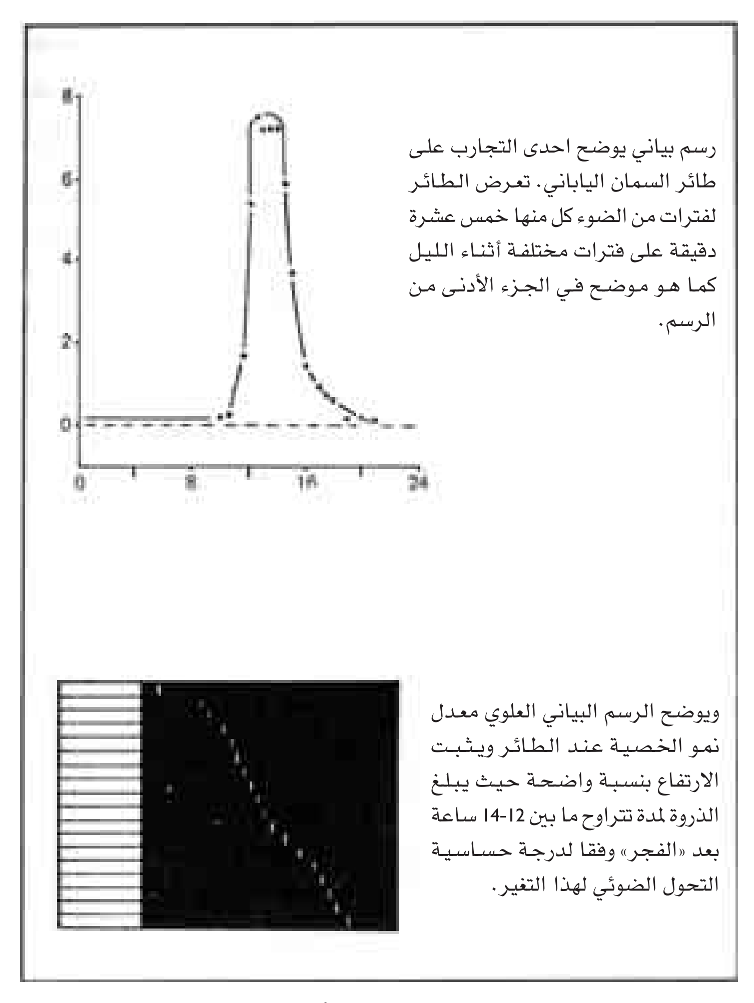
وجرت دراسة لآثار العمل على نوبات، حين يكون لزاما على العاملين

(*1) حالة الاضطراب النفسي، وتشوش إيقاعات النشاط البدني بسبب السرعة الشديدة التي تطير بها الطائرة النفاثة عبر عديد من مناطق التوقيت المتباينة أو تقسيمات خطوط الطول للكرة الأرضية [المراجع].

في هذه النوبات أن يقوموا بتكييف دوراتهم الخاصة بالنوم واليقظة-وشملت الدراسة مسح حالة أكثر من 1000 عامل صناعي في وادي الرون. وتبين أن 45٪ من العمال شعروا بأنهم يستطيعون التكيف مع دورة تتعاقب كل سبعة أيام، غير أن أحدا منهم لم يتكيف بدنيا بالفعل، كما تشهد بذلك إيقاعاتهم الخاصة بدرجة حرارة الجسم. وأثبتت دراسات أخرى أن عمال النوبات يكونون أيضا أكثر استعدادا للإصابة بالأمراض المتصلة بالتوتر والإجهاد مثل قرحات المعدة. والتكيف الصحيح مع هذه الدورات المقلوبة من النشاط تستغرق أكثر من أسبوع، ولهذا، فإنه للحصول على أفضل أداء بدني، تعتبر نوبة الليل الدائمة هي الأفضل، وإن كانت هذه الطريقة تضع مشكلات اجتماعية جلية.

وفي القوارض التي بلغت سن النضج، أثبت الانقلاب الأسبوعي لدورة الأربع والعشرين ساعة من النور والظلام-من سن 58 أسبوعا-أنه يسبب خفضا مقداره 6٪ من متوسط طول العمر. وهذه النتيجة تنذر بالخطر إلى حد ما إذا أدركنا المدى الذي تقترب به هذه التجربة من الروتين العادي لطيار يطير على الخطوط الجوية من الشرق والغرب (وبالتالي يغير باستمرار مناطق التوقيت). وقد أخذ كثير من الخطوط الجوية هذا الإرهاق الناجم عن الطائرات النفاثة، مأخذ الجد، بوصفه سببا من أسباب المشقة، فضلا عما ينطوي عليه من احتمالات لأخطار أمنية. وفي اختبارات أشرفت عليها سلطة الطيران الفيدرالي، استطاع طاقم الطائرة الذي يطير متجها إلى الشرق (من الولايات المتحدة إلى روما) استعاده أدائه النفسي المبكر في ظرف يوم واحد، بينما انقضت ستة أيام حتى تكيفت درجات حرارة أجسامهم وثمانية أيام لكي يتمكن إيقاع سرعة القلب من التكيف. ويتغلب الطيارون المحنكون في معظم الأحيان علي المشكلات التي يسببها اجتياز مناطق التوقيت بالتشبث في إصرار بالتوقيت الساري في أوطانهم: وبغض النظر عن التوقيت المحلي للبلد الذي هبطوا فيه من فورهم، فإنهم يتبعون الساعة التي اعتادت عليها أجسامهم.

وأسدى هيوبزلوس ستراجهولد Hubertus Strughold نصيحة إلى الأشخاص الذين يعانون من دوار الطائرات النفاثة-إذ اقترح عليهم ثلاث طرائق للتغلب على المشكلة: على المسافر أن يصل مبكرا عن موعده بأيام



رسم بياني يوضح احدى التجارب على طائر السمان الياباني. تعرض الطائر لفترات من الضوء كل منها خمس عشرة دقيقة على فترات مختلفة أثناء الليل كما هو موضح في الجزء الأدنى من الرسم.

ويوضح الرسم البياني العلوي معدل نمو الخصية عند الطائر ويثبت الارتفاع بنسبة واضحة حيث يبلغ الذروة لمدة تتراوح ما بين 12-14 ساعة بعد «الفجر» وفقا لدرجة حساسية التحول الضوئي لهذا التغير.

قلائل حتى يتيح لنفسه وقتا للتكيف؟ أن يقوم بتعديل ساعته مقدما بنقل نموذج نشاطه تدريجيا من حيث الوقت صوب توقيت المكان الذي يقصد إليه، أو ربما كان لابد له من طلب أدوية خفيفة (منبهات أو حبوب منومة) لكي تساعده على التكيف السريع. كما اقترح إرفن بوننج إمكانية إعادة تكييف الساعة الداخلية عند الوصول بدورات قصيرة من النور والظلام لمراودة الساعة الداخلية بالتزامن مع التوقيت المحلي للموقع الجديد، بينما كانت إعادة التشغيل المباشر لساعة الجسم بواسطة الهرمونات خاضعة

للفحص تحت إشراف شركة صيدلية واحدة على أقل تقدير.

إيقاعات أخرى لأجسامنا

ركزت حتى الآن على الظواهر الإيقاعية التي تؤثر على الإنسان في فترة طولها يوم واحد، لأن هذه الفترة هي بلا شك أكثر الوحدات الزمنية دلالة بالنسبة للجسم. غير أن هناك دورات تجري أسرع وأبطأ من ذلك كثيرا-أصبحت معروفة أيضا، وإن يكن القليل منها هو الذي خضع لفحص شامل.

وأسرع إيقاعين وأشدهما جلاء في أجسامنا إيقاعان أساسيان بحيث إننا نادرا ما نفطن إليهما على الإطلاق. فالنبض المنتظم لقلوبنا يلازمنا طيلة حياتنا بعد أسابيع قليلة من تخلقنا في الرحم على حين أن دورة التنفس الأبطأ لا تبدأ إلا بعد لحظات من مولدنا. وكلاهما يستمر حتى لحظة موتنا.

وتتحكم في سرعة القلب عادة عوامل عصبية وهرمونية تستطيع أن ترفع عدد ضربات القلب من 40 إلى 50 ضربة في الدقيقة استجابة للضغوط والمتطلبات الفسيولوجية والنفسية. غير أن القلب حتى إذا عزلناه عن الجسم، فإنه يستمر في النبض وفقا لتحكم جهازه الباطني المولد للسرعة ألا وهو العقدة الجيبية Sinusnode. والية هذا الإيقاع المبيت داخل تجويف القلب ليست معروفة على كل حال.

ومن الإيقاعات البطيئة في أجسامنا والتي نعرفها-بالطبع-حق المعرفة، دورة الحيض الشهرية في الأنثي التي تستغرق في المتوسط 28 يوما للاكتمال، فهي مماثلة تقريبا لطول الشهر القمري (4, 28 يوما). وإن لم يكن هناك سبب علمي يدفعنا إلى الاعتقاد بارتباط هاتين الدورتين على أي نحو كان، إذ من المعروف أن طول دورة الحيض الشهرية عرضة للتغير، على حين أن الدورة القمرية ليست كذلك بالطبع! وكثيرا ما ترتبط بالدورة الشهرية (كما يعرف 60٪ من النساء ما يكبده ذلك لهن من عناء) دورات من الاكتئاب، وسرعة الإثارة، وأنواع من الصداع، وضعف في القدرة على الأداء الجيد. وأفادت دراسة حديثة أخري على الأقل، وجود دورة مماثلة في الذكور أشد رهافة من حيث التغيرات الهرمونية والمزاجية.

ففي عام 1887 ذهب فلهلم فليس Wilhelm Fliess (وهو صديق حميم لسيجموند فرويد) إلى أن كلا من الرجال والنساء عرضة لدورة «ذكورية» (القوة، والتحمل، والشجاعة) مدتها 23 يوما، ودورة من «الأنثوية» (الحساسية والحدس، والحب) مدتها 28 يوما، وبامتزاجهما معا يحددان يوما بيوم الحالة العقلية والجسمانية لكل من النساء والرجال. ومع أن التبرير الأصلي لهذا التوكيد يبدو الآن بعيد الاحتمال، إلا أن الفكرة الكامنة وراءه قد لا تكون كذلك.

فالدورات الشهرية التي يحددها القمر يمكن أن نشاهدها في كثير من الكائنات البحرية، وهذا أمر متوقع نظرا للأهمية الجلية بالنسبة إليها لدورات المد والجزر التي يسببها نمو القمر وتناقصه. ولكن ما يدعو للدهشة أكثر تلك الملاحظة القائلة بأن استرداد الإنسان لعافيته بعد إجراء العمليات يبدو أنه يتأثر أيضا بأطوار القمر: وهكذا وجد أن حدوث النزيف عقب عمليات الحلق أكثر بحوالي 82٪ خلال التربيع الثاني للقمر في فلوريدا، على حين أن الشفاء من كسور رأس عظمة الفخذ يتأثر في أيرلندا كما تفيد التقارير، بتغير أوجه القمر.

وعلى الرغم من أن الدورات السنوية تظهر بوضوح في الطيور (نمو الريش، ووضع البيض، والهجرة)، وفي النبات (البرعمة، والإزهار، والسبات)، وفي كثير من الثدييات (تغير لون الفراء، والبيات الشتوي، والتكاثر) إلا أن الإنسان يكشف عن القليل من الشواهد الدالة على حدوث استجابات بيولوجية مماثلة إزاء التحولات الزمنية على مدار السنة. والحق أن هناك تقلبات سنوية منتظمة في الإحصاءات من حيث المواليد والوفيات، غير أنها تفسر تفسيرا شافيا بالآليات الاجتماعية: ففي الصيف مثلا-تكثر الوفيات الناجمة عن الحوادث، لأن عددا اكبر من الناس ينشطون، فيتعرضون لمخاطر غير عادية في الإجازات وعطلات نهاية الأسبوع. أما التغيرات التي تطرأ على مستويات الهورمون، مثل تلك التي تسبب السلوك الموسمي في الطيور، فيبدو أنها لا تحدث في الإنسان، رغم أن مستوى هورمون الغدة الدرقية الذي يتدخل في تنظيم درجة الحرارة-يزداد في الصيف.

ودورات المرض-سواء الجسماني أو العقلي-من المعروف أيضا أنها موجودة، وأنها حيرت عددا من أعظم الباحثين الطبيين في مطلع هذا

القرن. وذهب سفانت أرهينيوس الذي فاز بجائزة نوبل عن نظريته الخاصة بفصل العناصر الكيميائية عن طريق التحليل الكهربائي، إلى أن تباين الشحنة الكهربائية للغلاف الجوي هو السبب في نوبات الصرع والنزلات الشعبية، غير أن طول دورة أي مرض معين يتغير-على وجه العموم-تغيرا كبيرا عند الفرد بحيث إن أصول الدورة تكمن في المريض نفسه.

والالتهاب الدوري لجدران الأمعاء والمعدة (المعروف بالالتهاب البريتوني) والاحتجاز الدوري للسوائل (الأوديما) من الأمراض المعترف بها على أنها وراثية. ولكن من المرجح أن هناك كثيرا من الأمراض الدورية الأخرى التي لم نتحقق منها بعد. ومن أنواع العصاب الدورية الكامنة، ربما كان ذهان الهوس الاكتئابي هو أيسرها في التعرف عليه، مع اكتشاف حالات دورية ثابتة تستغرق دوراتها 48 ساعة. وفي إحدى هذه الحالات، عندما ضلل المريض بالدخول في دورة من النشاط تستغرق 22 ساعة، تحولت دورته الذهانية بسرعة إلى دورة مدتها ساعة رغم أن إيقاعاته الفسيولوجية ظلت باقية على ميقات مدته 24 ساعة. وهكذا بدت دورة ذهان الهوس الاكتئابي بمعزل عن إيقاعات جسمه.

وهكذا لا يبدو أن الإنسان يقف خارج قاعدة الزمان مثله في ذلك مثل سائر الحيوانات الأخرى، وحتى إذا اختار أن يتجاهل الإيقاعات الطبيعية لجسمه، فلا مندوحة له عن دفع الثمن.

الزمان وعقولنا:

ومهما يكن من أمر، فالإنسان قبل كل شيء، حيوان مفكر: وأي وصف له ينبغي أن يتضمن من علم النفس بقدر ما يتضمن من البيولوجيا (علم الحياة). فماذا عن الجوانب النفسانية للزمان؟

يبدو أن هناك ثلاثة مظاهر رئيسية لتقدير الإنسان الواعي للزمان: الوعي بزمان اليوم؛ إدراك فترات زمنية؛ وامتداد الوعي خلال الزمان في الماضي والمستقبل عن طريق الذاكرة والتوقع.

أما المظهر الأول، وهو الإحساس بزمان اليوم، فربما كان أكثر هذه المظاهر جلاء، من حيث إنه في المركز من بنية مدنيتنا البالغة التنظيم. وحيثما ولينا أنظارنا وجدنا جداول زمنية وجداول لساعات العمل، وقطارات

تتأخر، ومواعيد تفوتنا. فلا سبيل إلى تصور الحياة دون وعي بالزمان- اللهم إلا خلال إجازاتنا الصيفية حين نسترخي تحت الشمس.

ونحن نعوّل تعويلا شديدا على ساعاتنا الآلية أو الإلكترونية. فإذا تأخرت عن موعد. لن ينفعك قولك بأنك شعرت بحضورك في موعدك، ولكن، إذا توقفت ساعتك، من ذا الذي يستطيع أن يلومك؟ ومع ذلك، هناك أناس يتمتعون بفكرة غريزية عن الزمان دون حاجة إلى ساعات، بحيث يستطيعون إخبارك بالوقت في حدود خطأ لا يتجاوز عشر أو خمس عشر دقيقة. أيكونون على إحساس حاد بإشارات الوقت في البيئة، أو بدقات ساعات بعيدة أو ربما بمدى ارتفاع الشمس أو القمر؟ يبدو أن الإجابة ستكون بالنفي، لأن الاستعداد المشابه للاستيقاظ من النوم في ساعة سبق لهم تحديدها لا تتأثر بالنوم في حجرات مظلمة عازلة للصوت تماما (لا يستيقظ من الناس بهذه الطريقة إلا حوالي 7٪ فحسب، وإن كان أكثرهم قد جربها أحيانا.)

ولكن يبدو أن الإحساس بالزمان خلال اليوم يأتي جزئيا على الأقل نتيجة التعلم، ذلك أن بعض الأشخاص-مثل المحامين ورجال الأعمال الذين يشعرون بحاجة دائمة إلى معرفة الوقت، يمكن أن يقدروا أوقات اليوم على نحو أدق من أولئك الذين لا يعلقون على الساعة أية أهمية خاصة. ولعلها مجرد مسألة تعلم كيف نتعرف على المؤشرات اللطيفة من ساعة جسمنا الخاصة، على النحو نفسه الذي تفعله الحيوانات دائما. ولما كنا قد ألقينا مسئولية تسجيل الوقت على عاتق أجهزة الزمان الآلية، فيبدو أننا فقدنا هذه الموهبة.

أما المظهر الثاني الذي يتعلق بإدراك المدة أو ديمومة الزمان، فقد كان موضع كثير من الدراسات، مثل تلك التي قام بها عالم النفس الفرنسي الشهير بياجية Biaget.

إن القدرة على تقدير طول حادثة ما في حدود «ثواني الساعة» المعيارية تنمو أول ما تنمو في الأطفال الذين هم في سن السادسة إلى السابعة، وتستقر جيدا في سن الثامنة. ويميل الأطفال الصغار إلى المغالاة في طول أية فترة؛ إذ يبدو لهم-وبكل تأكيد-أن الزمن يتلكأ دائما. وبلغة إيقاعات الجسم يمكن أن تقول إن «ساعتهم النفسية» تجري بسرعة.

ومع أن دقة تقدير فترات الزمن تتطور عند البالغين تطورا حسنا، إلا أنها يمكن أن يصيبها الاضطراب من جراء عوامل كثيرة، وهو ما يمنحنا مزيدا من البصيرة في الآليات المتعلقة بهذا الموضوع. ولعل النتيجة الحاسمة التي أمكن التوصل إليها هي تأثير درجة حرارة الجسم المتغيرة، سواء عن طريق المرض أو المعالجة التجريبية المباشرة. فدرجة الحرارة المرتفعة (التي نختبرها أثناء الإصابة بالحمى) تدفع المريض إلى أن يعد الزمن بأسرع مما يعده وهو في حالته السوية، مما يدل على أن ساعته تجري سراعا. وأمكن التوصل إلى نتيجة مماثلة في النحل: فإنه حين يتدرب على أن يغتذى كل يوم في ساعة بعينها فإنه يصل متأخرا إذا قضى ليلة كاملة في مكان بارد، أو مبكرا إذا كان في مكان دافئ.

وبعبارة رياضية، يكون تأثير درجة الحرارة على تقدير الفترات الزمنية مشابها كل التشابه لتأثيرها على سرعة التفاعل الكيميائي البسيط. وهذا يوحي بأن الآلية التي نستعملها لقياس الفترات القصيرة تشتمل على ساعة أيضية Metabolic غاية في البساطة، لا تشبه تلك الساعة المطلوبة للإيقاعات اليومية التقريبية التي يتم تصحيحها تصحيحا دقيقا لمجابهة درجة الحرارة.

هذا التباين في تقدير الزمن بواسطة حرارة الجسم يمكن أن يكون سببا من الأسباب التي تدفع الأطفال دائما إلى الشكوى من تباطؤ الزمان- ذلك أن أجسامهم أدفأ من أجسامنا، وهذا راجع إلى أن سرعة عملية الأيض عندهم أكثر ارتفاعا. وبالمثل، تكون درجة حرارة الجسم في الشيخوخة أشد انخفاضا، ومن ثم يبدو أن الزمان يتحرك بسرعة أكبر. ويكاد يكون مؤكدا-على كل حال-أن هناك عوامل أخرى تتدخل في هذه المسألة.

فإذا سئل شخص أن يحدد طول فترة يتلقى خلالها شيئا من المعلومات (على هيئة شريط سينمائي مثلا) تتكشف لنا حقيقة جديرة بالنظر، إذ أن تقديره لطول الفترة الزمنية يزداد مع ازدياد مستوى التعقيد للمعلومات المعروضة عليه، وبمقدار ما يتذكره منها. ومن ثم، فإن الانطباع الذي يكونه عقل الإنسان عن طول أية فترة زمنية يتوقف في شطر منه على مدى نشاطه خلال تلك الفترة. فان أسبوعا تقضيه من الإجازة، حافلا بأنشطة متعددة يبدو أطول كثيرا من أسبوع يمر في الروتين اليومي للعمل، بينما قد تبدو محاضرة معقدة عملا طويلا لأن عقلك لم يجد مفرا من الاجتهاد

الشاق في محاولة استخلاص معناها. وقد يكون هذا أيضا تفسيرا جزئيا لانطباع الطفل عن تلكؤ الزمن-ذلك أن كل يوم من أيامه تتزاحم فيه أشياء جديدة، غير مفهومة في أغلب الأحيان والعقل في طور النمو والتكوين لا يستبعد شيئا على أنه عادي مبتذل.

وكذلك يمكن تضليل عقل الحدث الصغير بيسر أكبر بواسطة المعلومات التي لا تتصل بالموضوع. إذ لو طلبنا من طفل أن يرسم خطوطا على مهل وبعناية لفترة قصيرة، ثم أن يرسم خطوطا بأسرع ما يستطيع في الفترة نفسها، فإنه يحدد دائما الفترة الثانية بأنها الأطول، وذلك لأن فيها بالطبع خطوطا أكثر تشهد على جهوده!

وكلما تقدمنا في العمر، تعلمنا تعويض مثل هذه الأخطاء تعويضا جزئيا، غير أن النساء يملن دائما-في كل الأعمار-إلى أن يكن أقل دقة في تقديراتهن، ومن المحتمل أن يكون ذلك لأنهن أشد تأثرا بالسياق من الرجال. وأهم خطوة في نمو الدقة هو ظهور مفهوم الوحدة المجردة للزمان التي يستطاع بها مقارنة ديمومة مدة ما. وبدون هذا يكون الطفل الصغير عاجزا عن تجاهل مضمون الفترة التي يحاول توقيتها؛ أما الشخص البالغ فيستطيع بهذا المفهوم أن يحاول على الأقل! وتتباين أيضا تقديراتنا-على سبيل التنبؤ-للفترات القصيرة أثناء النهار، في إيقاع يومي تقريبي يوازي التغير الذي يطرأ على درجة حرارة الجسم، وتردد موجات ألفا Alpha في المخ.

ويعد التنويم المغناطيسي إحدى الوسائل القليلة التي تعمل على تحسين استعدادنا لتقدير الفترات الزمنية ربما لأنه يهذب بعض موجات النشاط العقلي التي تشيع الاضطراب في أحكامنا.

أما تقديرات الفترات الطويلة فإنها تعتمد بالذات على مؤشرات مستمدة من البيئة. والأفراد الذين يعيشون في عزلة عن هذه المؤشرات-في الكهوف مثلا، أو في أية تجارب أخري غير مألوفة-يصرحون في معظم الأحيان بأنهم أخذوا «غفوة قصيرة»، بينما يكونون قد ناموا-في واقع الأمر-ثماني ساعات كاملة. وعند خروجهم من عزلتهم قد يقل تقديرهم لطول بقائهم إلى النصف تقريبا.

ومن الممكن أيضا تشويه إحساسنا بالزمن بوسائل كيميائية، تذكرنا بالأصول الفسيولوجية لإدراك الزمان التي تبدو جلية إلى أبعد حد في

أبسط الحيوانات. وهكذا، بينما تعمل أملاح حامض البربيتوريك، أو أوكسيد النيتروجين، أو نقص الأكسجين في إبطاء سرعة الزمان الذاتي، فإن عقاقير مخدرة مثل الآمفيتامينات Amphetamines أو LSD أو الثيروكسين-Thyroxinc تقوم بإسراع ساعاتنا، وتجعلنا نغالي في طول فتراتنا الزمنية. ويبدو أن القاعدة العامة هي أن العقاقير التي تزيد من سرعة عملية الأيض عندنا تدفع ساعاتنا الباطنة إلى الإسراع. وحتى بعض المنبهات الخفيفة مثل الكافيين في الشاي والقهوة اللذين نشربهما له تأثير قابل للقياس. ومن النتائج البارزة في هذه الدراسات أن مدي انقباض الزمن أو انبساطه الذي تسببه المواد الكيميائية ليس واحدا بالنسبة لجميع الأنشطة. ويسبب البسيلوسيبين (عقار مخدر يتصل ب LSD) زيادة مقدارها ثمانية أضعاف في تردد حركات العين السريعة (الرفيف) اللازمة لتثبيت الصورة، ولكنها ضعفان تقريبا في زيادة سرعة النقر بالأصابع التي طلب من المفحوص أن يثبتها. وهذا يوحي بأن الأنشطة المختلفة يمكن أن ترتبط بمصادر التوقيت المختلفة؟؛ ويبدو أن السلوك الذي يتطلب مزيدا من التحكم الواعي يكون أقل يسرا في عزلة عن الزمان.

غير أن هناك-على كل حال-مناسبات يبدو فيها أن عملياتنا الذهنية تعمل تماما خارج الانسياب العادي للزمان. هذه الحوادث تقع بانتظام تام، وهي جزء غامض-وإن يكن جوهريا-من حياتنا. ومثل هذه الأحداث غير المألوفة هي التي دفعت سيجموند فرويد إلى افتراض أن «عمليات النسق اللاشعوري لا زمانية، بمعنى أنها لا تترتب في الزمان، ولا يطرأ عليها تعديل بمرور الزمن، والواقع أنها لا تمت بصلة إلى الزمن». وأنا أتحدث بالطبع عن الأحلام-وهو موضوع سيتناوله كولن ولسون في الفصل السابع.

وعندما نستطيع أن نتذكر موضوع حلم (ونحن لا نتذكر عادة إلا حوالي ١٪ من الأحلام)، فانه لا يكون في أغلب الأحيان مفككا تماما من حيث الزمان فحسب (الموتى يسيرون في جنازاتهم، المعلولات تسبق العلل، الأشخاص يوجدون في مكانين في وقت واحد)، بل يبدو وكأن تجربة يوم كامل أو أسبوع كامل تتكثف في لحظات قلائل. والمتطوعون الذين أفقدوا وعيهم لثوان قلائل بواسطة مواد مخدرة مثل بروميد الأسيتيلكولين Acetylcholine Bro mide ما فتئوا يتذكرون أحلاما طويلة واضحة عند

استيقاظهم. ترى هل نعيش في أحلامنا معدلا شديد التسارع للزمن، بعد أن نتخلص من القصور الذاتي الذي تسير به أجسامنا الفيزيائية الواعية؟

ومن الممكن أن تعرض ظاهرة مماثلة لعقل إنسان حين يواجه فجأة بها يشبه الموت المحتوم. ورغم ما قد يبدو من ابتذال في بعض القصص التي تحكي عن الإنسان المحتضر«الذي يستعرض حياته كلها كومضة خاطفة تلوح أمام عينيه» فإن هذه القصص تبدو صحيحة على نحو موثوق به والقصة التالية التي يرويها الجيولوجي السويسري البرت هايم Albert Heim، الذي سقط أثناء تسلقه الجبل، خير مثال على ذلك، إذ يقول: «خلال سقوطي، اجتاحني فيض من الانطباعات. وما جال بخاطري وما شعرت به في تلك الثواني الخمس أو العشر لا يمكن أن يحكي في عشرة أضعاف هذا العدد بالدقائق. إذ راقبت أنباء موتي حين وصولها إلى أحبابي، ورحت أعزيها، في أفكاري. ثم شاهدت-وكأنما يدور ذلك على مسرح بعيد-حياتي الماضية كلها تستعرض نفسها في مشاهد متعددة..». أهذا مثل آخر على عالم فائق السرعة، محصور بين جدران جماجمنا؟ تأتينا الإجابة على هذا من خلال الدراسة الفاحصة للمحتوى الحقيقي للأحلام وليس من تأويلاتنا لها. مثال ذلك أن عالمنا ألمانيا شابا من علماء الفسيولوجيا يدعي شتورت تذكر حلما تراءى له وقتما أيقظه أبوه بأن دق جرسا كبيرا مرتين ورأى فيما يرى النائم أنه يلقي درسا في التشريح العملي على طلبته: فكان أن دق أولا جرسا لإحضار الجثة التي سيقوم بتشريحها، ثم قام بتشريحها وأخيرا دق الجرس مرة أخرى لكي تؤخذ البقايا بعيدا. وحددت المدة الفعلية التي استغرقها الحلم بالوقت الذي استغرقه أبوه في دق الجرس مرتين، أي خمس ثوان على الأكثر.. ومع ذلك بدا له أن الحلم دام حوالي ساعة كاملة! ومهما يكن من أمر، فانه عندما حاول شتورت استحضار ما حدث فعلا خلال الدرس، لم يستطع أن يتذكر شيئا. ولم يكن حلمه يتألف إلا من صورتين أو ثلاث-دخول الجثة، وجوده في فصل للتشريح، والبقايا التي حملت بعيدا. وباستخدامه لهذه الصور الساكنة القلائل التي زوده بها «اللاشعور اللازماني» وخبرة الموقف اليومي المتصل بها، شيد عقله الواعي معادلا زمنيا واعيا، بأن وضع الحوادث في متتالية، ثم أضاف الوقت الكافي لكي يجعل الكل ملائما لخبرته.

مثل هذه «الحيلة» الواعية لا يمكن-على كل حال-أن تفسر تلك المواقف الخارقة للإدراك مثل قدرة موتسارت Mozart على كتابة كل من الجزء ين اللذين سمعهما معا مرة واحدة فحسب من أوبرا «البؤس» Mise‘re لجريجوريا أليجرى Gregoria Aelegri. كما أنها لا يمكن حتى أن تبدأ في تفسير قدرات تلك «الآلات الحاسبة البشرية» التي أوتيت للفتاة البرهمية شاكونتالا ديفى shakuntal Divi حين استطاعت استخلاص الجذر العشرين ل 42 رقما أو تقوم بحسابات أكثر تركيبا دون ترو معين أو تدريب. وتجربة ظواهر مثل هذه، مصحوبة بإظهار التعلم السريع غير المألوف تحت تأثير التنويم المغناطيسي، توحي بأن السرعة التي نتعلم بها وندرك ونفكر من المحتمل أن تكون أكثر تقييدا بتوقعاتنا عن أنفسنا ومواقفنا تجاه الزمان منها بأية قيود فسيولوجية فطرية. وسنعود إلى هذه النقاط في الفصل السابع.

والمظهر الثالث في نمو تقديرنا للزمان هو الامتداد الزماني للوعي من الحاضر إلى الماضي والمستقبل. ففي سن الثانية، من المحتمل أن يكون للطفل ذكريات تمتد إلى شهر في الماضي، ولكنه لا يبدأ في توقع أكثر من يوم واحد أمامه. وما أن يمتد اهتمامه بالماضي إلى حوادث فيما وراء مولده (حين يكون عمره ثمانية أعوام)، حتى يبدأ في رؤية نماذج الزمان، ويستخدمها في توقع المستقبل. وعندما يبلغ الرابعة من عمره يتعرف على الفصول، وفي الخامسة يكون أكثر تحديدا، ويفكر في حدود أيام معينة: رأس السنة (الكريسماس) أو يوم مولده.

وعندما نتقدم في السن، لا تمتد ذاكرتنا إلى أبعد من ذلك فحسب، ولكننا نصبح بالتدريج أكثر خبرة باستخدامها. وهكذا، رغم أن الطفل قد يتذكر الترتيب الزمني لأحداث مشابهة (الإجازات المدرسية، أعياد الميلاد)، فإنه عندما يطلب منه ترتيب مجموعتين مختلفين من الحوادث لا يستطيع ذلك، لأنه لا يتذكرهما معا. أما بعد أن كبرنا، فقد تعلمنا أن نفعل ذلك، ولكن بعملية منطقية-إذ تظل هاتان المجموعتان من الحوادث المختلفة مختزنتين في عقولنا على نحو منفصل.

وعند الشباب يكون المستقبل هو الشغل الشاغل لهم، بينما يكون الماضي هو أهم ما يشغل الشيوخ: «عندما أشب عن الطوق...» تتحول تدريجيا إلى «عندما كنت شابا...» وبينهما ينبغي أن يمتد العقل البالغ إلى كل من الماضي

والمستقبل، مستمدا من ذكرياته ليتنبأ للمستقبل ويخطط له، أي أن يصبح «يانوس Janus[(2*)] حقا وصدقا.

مدة الحياة

الشيخوخة هي في آن معا أكثر العلامات التي يتركها الزمان على الجسم الحي جلاء وحتمية. ومع أنها في جميع الحيوانات والنباتات المتعددة الخلايا، إلا أن الشيخوخة ليست شاملة، على كل حال، ذلك أن كثيرا من الكائنات العضوية ذات الخلية الواحدة (وليس جميعها) تستطيع أن تنمو وأن تنقسم إلى أي حد في الظروف المناسبة.

وعندما تشيخ الكائنات العضوية المتعددة الخلايا فإنها تنتقل من المرحلة الأولي للنمو إلى مرحلة النضج حيث تتوازن عمليات التدهور في شطر كبير منها بالنشاط التعويضي،. ثم إلى مرحلة الشيخوخة حيث تكون الغلبة للتدهور. ومع اطراد التدهور تصبح هذه الكائنات أكثر تعرضا لأخطار الإجهاد مثل العدوى، ونقص الطعام ودرجات الحرارة القصوى، حتى يكون أحد هذه العوامل كافيا لإهلاكها.

وتختلف معدلات الشيخوخة باختلاف الأنواع بحيث يكون لكل حيوان متوسط مميز للعمر. فبالنسبة للفقاريات، تكون القاعدة العامة هي كلما كان الحيوان أضخم كان عمره أطول. وأفاد هذا بداية أن سرعة عملية الأيض هي التي تحدد سرعة الشيخوخة، إذ أنه كلما كان الحيوان أصغر، كانت عملياته الأيضية أسرع. وفضلا عن ذلك فإن الأساليب الفنية التي تعمل على زيادة سرعة الأيض (مثل ارتفاع درجة حرارة البيئة المحيطة بالكائنات ذات الدم البارد) تعمل أيضا على تناقص العمر. ويبدو أن للكائنات جميعا طولا واحدا بعينه للحياة، غير أن البعض يؤثر الحياة على نحو أسرع.

ومهما يكن من أمر، فان هذه النظرية لا تتلاءم تماما مع الرئيسات من الحيوانات الثديية. فالإنسان-على سبيل المثال-ينبغي ألا يعيش أكثر من ثلاثين سنة، إذا كان لنا أن نحكم عليه بالقياس إلى حجمه ولكن يبدو أن

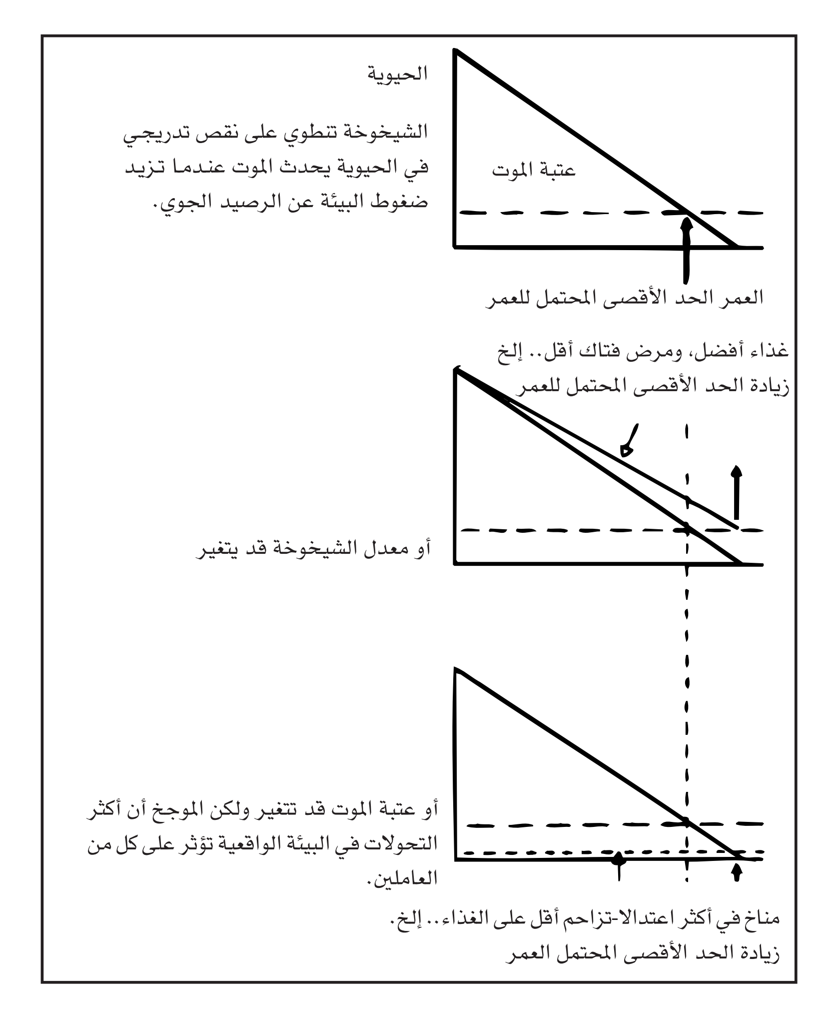
(2*) يانوس أحد الأرباب القديمة عند الرومان ويمثلونه بوجهين متقابلين، إنه رب الأبواب المفتوحة في اتجاهين ورب البدايات. ويجري الاحتفال به في أشهر يناير. [المراجع].

العلاقة أشد تعقيدا إذا أدخلنا حجم المخ في الحسبان: فالمخ الأكبر معناه قدرة أفضل على التحكم في عملية الأيض وتعرض أقل لإصابات أيضية؛ وكذلك إذا وضعنا الدجاجة قبل البيضة فإن حياة أطول تجعل المخ الأكبر جديرا بالاهتمام (لاختزان المعرفة الإضافية المتراكمة).

ولكن، لماذا تشيخ الحيوانات أصلا؟ فإذا كان الجسم قادرا على إصلاح نفسه خلال مرحلة النضج، فلماذا لا يواصل صيانة نفسه إلى الأبد، وبهذا يصبح خالدا؟

الإجابة ليست جلية. إذ يبدو أن إمكانية الخلود ليست واردة في الظروف الطبيعية نظرا لارتفاع نسبة الوفيات من جراء أسباب أخري غير الشيخوخة:

مثل الافتراس، والمجاعة، والحوادث، والمرض. ومن ثم فإن الفرصة ضئيلة أو لا وجود لفرصة على الإطلاق لانتقاء أنواع معمرة. ويواكب ذلك تلك الميزة القاطعة إلى إرجاء أي تدهور إلى السن الأكبر زمنيا-فلو أصبح الحيوان ضعيفا عندما يكون شابا، أي قبل الاستعداد للتناسل، فإنه يكون في وضع غير موات من الوجهة التطورية، ولكنه لا يكون كذلك إذا أمكن إرجاء الضعف إلى ما بعد التزاوج وتسليم جيناته إلى الأجيال القادمة. (ذهب البعض أيضا إلى أن شيخوخة الخلايا الفردية ما هي إلا «شبكة أمان» تحد من نمو الخلايا الشريرة التي إن لم تصبها الشيخوخة اغتالت الكائن العضوي-مثل الخلايا السرطانية التي تجاوزت هذا الحد ومن ثم تبقي خالدة في مزرعة الخلايا وتغتال الكائن العضوي فعلا.) وهناك ضرر آخر لخلود الأنواع ألا وهو عجز الكائن العضوي الفردي عن التكيف تكيفا أساسيا مع بيئة متغيرة: وعلى مستوي بسيط، كما هو الحال مع البكتيريا، يمكن تسويته بالحصول على معدل تكاثر سريع بصورة خارقة، مصحوبا بنسبة عالية خارقة من الفقد من كل جيل من جراء الحوادث و«الضواري» المفترسة؛ وعلى المستوي الأكبر، حيث يتعذر الوصول إلى هذا التكاثر بسبب القيود المفروضة على سرعة نمو الخلية، فإن نوعا خالدا سرعان ما يموت، لأنه إما (أ) أن يتمخض الانفجار السكاني الرهيب عن كارثة، أو (ب) أن يكون أعضاؤه عاجزين عن مواكبة البيئة المتغيرة (مما يؤدي إلى وفيات عارضة) وضروب السلب التي يمكن أن تقوم بها الضواري الأقصر عمرا، ولكنها أكثر قدرة على التكيف.



وفي حالة الإنسان ينعكس الآن-بالطبع-كثير من هذه الآليات: إذ أن معظم الوفيات تنطوي-على الأقل-على تغيرات الشيخوخة، ويستطيع الرجل العجوز أن يؤثر على بقاء جيناته عن طريق معاونة نسله. ويمكن القول، وإن كان الوقت لا يزال مبكرا، أن الانتقاء من أجل طول العمر لدى «الإنسان العاقل» Homo Sapiens احتمال وارد في المستقبل.

وآليات الشيخوخة لا تزال غير واضحة وإن أمكن بيان عديد من النماذج الممكنة. وتندرج هذه النماذج تحت نمطين رئيسيين: نماذج تكون فيها

الشيخوخة سابقة البرمجة Pre-Programmed، ونماذج تتولد فيها الشيخوخة بتراكم أخطاء عشوائية.

أما الشيخوخة سابقة البرمجة فإنها تتطلب الاشتراك المباشر للمعلومات الوراثية في عملية اضمحلال الخلايا ؛ وهنا ينظر إلى الشيخوخة بوصفها امتدادا مباشرا لعمليات تمايز الخلايا الذي يبدأ في الجنين. وفي «فرض القيد الشفري للجينات» Codon Restriction hypothesis الذي ذهب إليه شتريلر Strehler-على سبيل المثال-يسلم بأنه حين تتمايز الخلايا (أي حين تتحول من نمط خلايا الغرض العام» غير المقيد إلى نمط متخصص كأن تكون خلية من كريات الدم البيضاء)، فإنها تفعل ذلك من خلال فقدان القدرة على معالجة جميع فئات المعلومات المورثية «الجيينة» فيما عدا القليل منها، ونتيجة لهذا، تفقد القدرة على تعويض كثير من البنى في الخلية، مادامت المعلومات لاستبدال تلك البنى لم يعد في الإمكان فك شفرتها. وحين تستهلك هذه البنى الأساسية تدريجيا، تموت الخلايا.

وأما الشيخوخة التي ترجع إلى تراكم الأخطاء فقد جاء افتراضها على أشكال عدة. وأحد هذه النماذج المبكرة كان النموذج الذي وضعه بيرنت Burnett في «فرض التحول الجسمي» Somatic mutation hypothesis القائم أساسا على بينة تقصير الحياة المتسبب عن الإشعاع في الحيوانات. فقد افترض أن الإشعاع الأساسي أنتج تراكما تدريجيا من التغيرات العشوائية في المعلومات الوراثية المتضمنة في خلايا الجسم-هذا التراكم كفيل بأن يشيع الاضطراب في أداء وظيفتها، وبالتالي يسبب التدهور. وفي هذا النموذج، تدين الكائنات العضوية طويلة الأجل بطول عمرها لآليات تعويضية افضل ونسخ متعددة من الجينات الرئيسية: فعندما تفسد نسخة، تستطيع تلك الجينات استدعاء قطع الغيار.

وأيا كانت آلية الشيخوخة، فإن من أهم الأسئلة التي يهتم بها الطب الحديث-الذي تزايد اهتمامه برعاية المسنين-ينبغي أن يكون بكل يقين هذا السؤال: كيف يمكن الإبطاء منها؟ وقد أظهرت التجارب التي أجريت على زراعة الخلايا أن إضافة فيتامين إي E أو الهيدروكورتيزون Hydrocortisone يطيل إطالة كبيرة بقاء الخلايا في المعمل، مما يوحي بأن هذه العوامل يمكن أن تعمل على خفض معدل سرعة الشيخوخة، غير أن هذا الوعد لم

يتحقق بعد.

وفي الثلاثينيات من هذا القرن، أثبت مكارثي McCarthy أن خفض زاد السعرات الحرارية للفئران يمكن أن يطيل أعمارها إطالة كبيرة بإيقاف نموها في مرحلة الصبا لفترات طويلة. وعندما تتوفر لها التغذية المناسبة، تصل بعد ذلك إلى مرحلة النضج، ثم إلى شيخوخة بصورة طبيعية. ولما كان من الجلي أن هذه الطريقة المتطرفة غير مرغوب فيها بالنسبة لبني البشر، إلا أنها تبين أن المعالجة الغذائية يمكن أن تكون أداة قوية، حتى لو كانت لتخفيض حدوث البدانة فحسب، وما يتصل بها من اضطرابات مثل مرض السكر الذي يصيب الإنسان في مستهل مرحلة النضج.

ومن الجلي أننا نحتاج عن المزيد من البحث في ظاهرة الشيخوخة. لماذا توجد مجتمعات في آنديز Andes حيث تكون ظاهرة الحياة المعمرة التي تمتد حتى 140 سنة أمرا لا يلفت النظر، بينما هناك أطفال يولدون ليموتوا قبل بلوغهم سن الثلاثين من جراء إصابتهم بالأعراض المتلازمة لمرض هتشنسون-جيلفورد Hutchinson. Gilford، وهو شكل من أشكال الشيخوخة المبكرة؟ هذا أمر لم نعرفه بعد-غير أننا نحاول الكشف عنه.

هذه إذن لمحة موجزة عن الزمان من وجهة نظر عالم في علم الحياة (البيولوجيا). الزمان لا بوصفه ساعة، وإنما بوصفه كائنا عضويا؛ لا بوصفه إيقاعا واحدا، بل بوصفه سيمفونية كاملة، تتضافر مع عمليات الجسم الحي بحيث لا سبيل إلى تمييزها عن الحياة ذاتها.

(إي. دابليو. جي. فيبس)

5 الزمان المتحول

يمثل الزمان بالنسبة للعالم قسمة ثنائية عجيبة. فالعالم من ناحية معنى في كثير من تجاربه بقياس كيف تتباين الظواهر مع الزمان، وهو حين يفعل ذلك يقيس فترات الزمان بدقة كبيرة مع تسليمه بأن الزمان يمضي وفق سرعة موحدة. وهو من ناحية أخرى، حين يبحث في خصائص الزمان، يجد أن طبيعته تتكشف له مختلفة أشد الاختلاف عن هذا الاتساق الرتيب. فالسرعة التي يمر بها الزمان تتوقف على حالات الحركة النسبية لمختلف الراصدين، وهناك ملابسات يكون حتى ترتيب الحوادث التي تقع فيها موضع نزاع. هذه المظاهر المتحولة للزمان هي ما تقوم نظريات النسبية الخاصة والعامة بالكشف عنها، وهي النظريات التي ترى أن المكان والزمان يرتبطان ارتباطا وثيقا، بدلا من أن يكونا كيانين منفصلين.

ولا يبدو أن قوانين الطبيعة تحول دون إمكانية أن يسير الزمان القهقري، والسبب الذي يدفعنا إلى الاعتقاد بأن الزمان ينبغي أن ينساب في اتجاه واحد فحسب ليس جليا بحال من الأحوال، والحق أن مفهوم انسياب الزمان يبدو كله بعيدا عن الإرضاء.

ولهذه الوجوه المحيرة للزمان، كرسنا هذا الفصل.

الزمان المطلق والمكان المطلق:

«الزمان المطلق الحقيقي، الرياضي ينساب-من تلقاء نفسه، وبطبيعته الخاصة-باطراد دون علاقة بأي شيء خارجي، ويطلق عليه اسم آخر هو الديمومة» على هذا النحو لخص اسحق نيوتن Isaac Newton في كتابه «الفلسفة الطبيعية للأصول الرياضية» Philosophiae Naturalis Principia Mathematica المنشور عام 1687- لخص في هذه العبارة المقتضبة ما أصبح فيما بعد موقف «الحس المشترك» Commonsense اليومي إزاء طبيعة الزمان.

وفكرة السريان المتسق للزمان-دون رحمة-تضرب بجذورها في أعماق المدنية الغربية الحديثة التي تحكمها الساعة. إن حياتنا تنظمها هذه الوسيلة الآلية-أو مقابلها الإلكتروني الأحدث عهدا-وبينما نراقب الثواني تنبض ماضية بالزمان، نشعر شعورا حادا بالانقضاء الذي لا رجعة فيه لنصيبنا المقسوم لنا من الحياة الممتد بين الميلاد والموت المحتوم. وفي تجربة الحياة اليومية يبدو سريان الزمان قدما إلى الأمام جليا بذاته، ويبدو أنه ليس هناك ما يدعو إلى التساؤل عن تقدمه المنتظم.

ومضى نيوتن إلى أبعد من ذلك في مناقشته للزمان المطلق فقال: «من الممكن أن تتسارع الحركات جميعا أو تؤخر، غير أن انسياب الزمان المطلق ليس قابلا للتغير. ومدة وجود الأشياء أو ديمومتها تبقى كما هي، سواء كانت الحركات سريعة أم بطيئة، أم لم تكن على الإطلاق». وبعبارة أخرى، حالة الحركة لجسم ما لا تؤثر على السرعة التي يمضي بها الزمان، أو على طول الوقت الذي يمكن أن يكون لبقاء هذا الجسم. فالزمان المطلق يتدفق بسرعة متساوقة خلال الكون، وكل الراصدين، أينما كانوا وأيا كانت حركتهم، يتفقون على الأوقات التي تقع فيها الحوادث وعلى السرعة التي يتدفق بها الزمان. وهذا يتمشى مع نظرتنا اليومية للعالم. فالساعة هي ساعة في أي نقطة على سطح الأرض، أو بالتالي على سطح القمر، فهي ما فتئت ساعة سواء كنا مسترخين على مقعد وثير في البيت، أو سائقين لسيارة سريعة. وسنرى فيما بعد أن مثل هذه الأفكار البينة بذاتها لا تصدق على الكون بأسره، وإن كانت تتلاءم مع هذا القدر من الخبرة المحلية الذي نسميه

«الحس المشترك» Commonsense.

وكما لاحظنا في الفصل الأول، فإن الفكرة القائلة بأن الزمان يمكن تشبيهه بخط مستقيم (الزمان الخطي)، وبأنه ينساب متساوقا في اتجاه واحد بحيث يصبح «المستقبل» «حاضرا» ثم «ماضيا»، هذه الفكرة حديثة نسبيا. ذلك أن معظم المدنيات الأولى كان لديها ضرب من المفهوم الحدسي عن «الزمان الدوري» Cyelic time، حيث يتقدم تاريخ الكون في سلاسل متكررة من الدورات. وكانت الظواهر الدورية المنتظمة في الطبيعة أكثر وضوحا للأجيال الأولى من البشرية من أجيالنا التي تعيش في عالم من صنع الإنسان هو عالم المدنية التكنولوجية المتحضرة. فالنهار يعقب الليل في دورة محتومة، على حين أن مراحل القمر المتغيرة والتعاقب السنوي للفصول كانت من الشواهد البينة على النموذج الدوري. وعلى مستوى أشد تعقيدا، كان نموذج الخسوف القمري والكسوف الشمسي يتكرر على فترة مدتها 18 سنة و 11 يوما، على وجه التقريب-وهي دورة الساروس Saros Cycle التي كانت معروفة عند أهل بابل منذ عدة آلاف من السنين-ويبدو من المرجح أن حلقات الأحجار الضخمة، والصفوف التي رص بها الإنسان الميجاليثي هذه الأحجار يبدو أنه قد استخدمها لدراسة الظواهر السماوية الدورية، وللتنبؤ بأحداث مثل الكسوف والخسوف. وكانت قبائل المايا في أمريكا الوسطى بوجه خاص، قد أنشأت أكثر التقاويم تفصيلا ودقة، تلك التقاويم القائمة على تعاقب الدورات الطبيعية، وفي رأيهم أن هناك دورة مهيمنة مدتها 260 سنة تكرر فيها الأحداث التاريخية الكبرى نفسها.

وكانت هناك أسباب قوية تدعو للنظر إلى الزمان بوصفه دوريا بمعنى أن الكون يظل يكرر دورة المراحل الأساسية نفسها، أو بأن تعاقب الأحداث يتخذ شكلا دوريا في الزمان. وكما ناقش ج. ج. ويترو(*) G. J. Whitrow وآخرون هذه المسألة، يختلف هذا تمام الاختلاف عن قولنا إن الزمان نفسه دوري في حقيقية أمره. فلو كان الأمر كذلك، لأصبح الزمان مغلقا كالحلقة. ولن يكون ثمة اختلاف في أن يسير الكون خلال دورة واحدة من الحوادث، أو أن يسير وفق سلسلة متتابعة من الدورات المتطابقة، مادام أي

(*) أنظر على سبيل المثال ج. ج ويترو، الفلسفة الطبيعية للزمان، طبعة توماس نلسون وأولاده 1961.

تمييز يقتضي وجود زمان لا دوري أكثر أساسية نحكم به على الدورات المختلفة. ومادامت الحوادث الأولى والأخيرة من الحلقة تتلاقى، فإنه لا سبيل حتى إلى تمييزها. ومن المؤكد أن الزمان إذا كان مغلقا كالحلقة، فإن الأحداث الماضية ستكون هي أيضا الأحداث المقبلة!

وجاء ظهور المسيحية بتصور مختلف تماما للزمان إلى العالم الغربي. فالله قد خلق العالم، وتاريخ العالم يسير قدما صوب نهاية محددة، هي يوم الحساب الأخير. وليس للأحداث أن تعيد نفسها، فصلب المسيح وبعثه حدثان فريدان. والزمان متناه يسير على خط مستقيم.

وهذه المماثلة بين الزمان والخط المستقيم، أي الزمان الخطي قد توسع فيها جاليليو توسعا ملموسا هو واسحق بارو Isaac Barrow الذي استقال عام 1669 من الكرسي اللوقاسياني للرياضيات بجامعة كمبردج من أجل نيوتن. فالزمان كالخط: له بعد واحد فحسب (هو الطول)، وكما نستطيع أن نفكر في الخط بوصفه كيانا متصلا أو بوصفه تتابعا من النقاط فبالمثل نستطيع أن نعتبر الزمان تتابعا من اللحظات instants أو الانسياب المتصل للحظة واحدة. ووفقا لبارو، «... سواء تحركت الأشياء أو بقيت ساكنة، وسواء نمنا أو استيقظنا، فإن الزمان يتابع الاتجاه السوي لطريقه»، ويقول مرة أخرى «من الجلي أنه ينبغي علينا النظر إلى الوقت بوصفه ماضيا في سريانه المطرد». ومن الواضح أن هذه الأفكار كانت ذات تأثير عميق على نيوتن. وينطوي عليها مفهومه للزمان المطلق الذي يوجد بذاته وينساب بسرعة متساوقة.

وفي رأي نيوتن أنه يوجد أيضا مكان مطلق، خلفية أساسية للكون يصير بها من الممكن-من حيث المبدأ-قياس الحركة المطلقة لجسم ما من «مكان مطلق» إلى مكان آخر. «والمكان المطلق، من حيث طبيعته الخاصة، ودون علاقة بأي شيء خارجي يبقي دائما مماثلا بلا حركة، وهاتان الفكرتان التوأمتان عند نيوتن عن المكان المطلق والزمان المطلق صادفتا قبولا بوصفهما مظهرين أساسيين للكون حتى ظهور النظرية النسبية في مستهل القرن العشرين. وسندرس فيما بعد التحول الدرامي لنظرتنا إلى المكان والزمان الذي أتت به النسبية، ولكن من الأنصاف أن نشير إلى أن رأي نيوتن في المكان والزمان مازال حتى اليوم متمشيا مع ما يراه معظم الناس وصفا

صادقا للعالم الطبيعي.

وقد تدعم مفهوم الانسياب المتسق للزمان تدعيما كبيرا مع التزايد المطرد في دقة الساعات. فالساعات الذرية الحديثة تعمل بدقة يعادل فيها الخطأ ثانية واحدة في كل150000 سنة. وتوجد الآن ساعات هيدروجينية تعمل بأجهزة الميزر(*1)، تستطيع أن تحافظ-على مدى فترات محدودة-على الوقت بدقة أقل من جزء في 1410 (مائة مليون مليون)، وبالتوسع في المماثلة السابقة، فإن مثل هذه الدقة تعادل خطأ مقداره ثانية واحدة في كل ثلاثة ملايين من السنين! وهذه الساعات الذرية تمكننا من أن نقيس في يسر ما قد يطرأ على فترة دوران الأرض من عدم الانتظام. تلك الأرض التي كانت هي نفسها المعيار السابق لتسجيل الوقت. وبمواجهتنا بالمعايير التي شملت العالم في تسجيل الوقت بمثل هذه الدقة الفائقة ومع اعتمادنا المستمر على الساعات الكبيرة والصغيرة، والتنظيم الزمني لكل جوانب حياتنا تقريبا: من أكل ونوم وعمل ولعب-لم يكن غريبا أن اضطررنا إلى قبول فكرة انسياب الزمان قدما إلى الأمام دون أي اعتراض. فنحن على وعي شديد بوجود اللحظة الحاضرة، تلك اللحظة التي نسميها الآن، وبحركتها إلى الأمام. والمستقبل ينساب صوب الحاضر، ثم يندفع ليصير ماضيا. ونحن نميل مع نيوتن إلى تصور الكون كله على أن له حالة حاضرة من الوجود، هي الآن الكلية The wniversal now، ومازال على الكون المقبل أن يأتي إلى الوجود، أما الكون الماضي فقد ولى خارجا من الوجود. ونحن نشعر عن يقين أن من الممكن النظر في الكون كله كما هو موجود الآن. وفي المركز من نظرة نيوتن إلى الزمان يقع مفهوم الحوادث المتآنية، إذ لو كان

(*1) الميزر Maser تضخيم الموجات الرقيقة «الميكروويف» عن طريق ابتعاث إشعاع. أجهزة تضخيم وتوليد ذبذبات تستخدم الطاقة الباطنية للذرات والجزيئات، وتقوم بتحويل إشعاع كهرومغناطيسي عارض من ترددات واسعة النطاق إلى تردد مغاير أو ترددات مغاير ة ذات إشعاع ميكروويفي شديد التضخيم والتلاحم.

ويتألف الميزر من وسط نشط (سواء في حالة غازية أو صلبة) يمكن فيه ضخ غالبية الذرات بصريا واستثارتها عن طريق تعريض المنظومة لإشعاع كهرومغنطيسي ذي ترددات مختلفة عن ترددات المثير.

ويمكن استخدام الميزر أيضا للتشغيل عند ترددات بصرية حين يشار إليها باعتبارها ميزر بصري أو ليزر. Optical masers or lasors

Dictionary of sciece; penguin,4th ed.1984. (المراجع).

هناك زمان مطلق، إذن فإن حوادث الكون تتزامن إذا وقعت في اللحظة نفسها من الزمان المطلق، ولن يكون هناك ما يدعو إلى نشوب النزاع بين الراصدين بشأن ما إذا كانت الحوادث الجزئية متأنية أو لم تكن.

وقد كانت هناك-ومازالت-اعتراضات فلسفية قوية على فكرة سريان الزمان في جملتها. بأية سرعة ينساب الزمان؟ إن فكرة السريان تقتضي الحركة بالنسبة للزمان، وإذا كان الزمان ينساب فبأي مقياس نحدد سرعته- هل بالزمان نفسه، أم بنوع آخر من الزمان يكون أكثر أساسية؟ وبدون عامل خارجي نأخذ عليه قياساتنا، كيف يمكن أن نعلق أي معنى على توكيد نيوتن بأن الزمان المطلق «ينساب انسيابا متساويان» ؟ ويمكن للمرء أن يكون على حق حين يحتج بأنه مادام لاشيء يمكن أن ينساب بالنسبة إلى نفسه، إذن فالزمان لا يستطيع أن ينساب.

ومن بين معاصري نيوتن الذين لم يقبلوا مفهوم المكان والزمان المطلقين كان جوتفريد ليبنتس Gyothfried leibniZ. فقد رأي أنه لا الزمان ولا المكان له وجود منفصل. وما المكان سوى الانفصال بين الأشياء، فلا وجود له في حد ذاته مثلما لا يمكن أن يقال أن «للصداقة» أو «البغضاء» وجودا منفصلا («فالصداقة» تقتضي أن يكون أ صديقا لـ ب، و «البغضاء» تقتضي أن أ يبغض ب، أما الصداقة والبغضاء فلا سبيل إلى وجودهما منعزلين). والحديث عن «المكان» معناه الحديث عن العلاقة بين الأشياء، غير أن المكان لا يمكن أن يوجد بلا موضوعات. وبالمثل يكون الزمان مجرد ترتيب للحوادث، وليس كيانا في ذاته. ونستطيع أن نستمد فكرة الزمان من تعاقب الحوادث في الكون، ولكن لا وجود لزمان مطلق يتكون من سلاسل منتظمة من اللحظات التي توجد في ذواتها.

ويتضح رأي ليبنتس في عباراته إذ يقول: «أنظر إلى المكان على أنه نسبي تماما، كما أن الزمان نسبي.. وأراه ترتيبا لوجودات مشتركة Coexistences، كما يكون الزمان نظاما من التعاقبات.» أو حين يقول: «... اللحظات، إذ نظرنا إليها بمعزل عن الموجودات،، ليست شيئا على الإطلاق... إذ لا وجود لها إلا في النظام المتتابع للأشياء..» وفي هذه العبارة:«أنا لا أقول إن المادة والمكان شيء واحد بعينه. وإنما أقول فقط لا مكان حيث لا توجد مادة، وأن المكان ذاته ليس حقيقة مطلقة».

وهذا الرأي الذي دعا إليه ليبنتس هو ما يسمى نظرية العلاقة المشتركة بين المكان والزمان (أو مركب المكان والزمان)، وهي في العديد من جوانبها أكثر اتفاقا مع المفهوم النسبي الحديث من نظرية نيوتن عن المكان والزمان المطلقين. فهي تنظر إلى الحوادث بوصفها أهم من لحظات الزمان وتفيد بما يمكن أن نكشف عنه من تماثل بين المكان والزمان. وما برحت المعركة اللفظية بين دعاة النظرة المطلقة ونظرة العلاقة المشتركة مستمرة حتى اليوم، وإن يكن ذلك في إطار مختلف نوعا ما.

ومهما يكن من أمر، فإن النظرة النيوتونية إلى الزمان والمكان هي التي نالت الحظوة، وهي التي أصبحت العقيدة المركزية للعلم في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. غير أنه في أواخر القرن التاسع عشر اصطدم علم الفيزياء بعدد من الصعوبات نشأت عن قبول المكان والزمان المطلقين، وأسفر حل هذه الصعوبات بواسطة النظرية النسبية التي وضعها أينشتين عن تدمير هذين العمودين التوأمين للفيزياء الكلاسيكية. وأما حجم هذه الثورة فأمر لا سبيل إلى المغالاة في تقديره. ذلك أن الزمان والمكان والحس المشترك لا يمكن أن تعود إلى ما كانت عليه أبدا.

ظهور نظرية النسبية:

خطت الفيزياء القائمة على قوانين نيوتن في الميكانيكا خطوات واسعة فيما بين أواخر القرن السابع عشر والقرن التاسع عشر. وشكلت قوانين نيوتن للحركة حجر الزاوية في الفيزياء الكلاسيكية، وكانت في جوهرها كالآتي:

أ- يظل كل جسم على حالته من سكون أو حركة منتظمة-وفي خط مستقيم-ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي يغير من حالته.

2- معدل تغير كمية حركة جسم ما تتناسب مباشرة مع القوة المحدثة له ويكون في اتجاهها.

3- لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.

والقانون الأول يقرر أن الحركة المطردة في خط مستقيم هي الحالة الطبيعة لحركة الأجسام، وأن القوة ليست مطلوبة للحفاظ على الحركة (كما سبق أن افترض فلاسفة ثقات مثل أرسطو). فالقوة عند نيوتن ضرورية

فقط لتغيير حالة الحركة التي عليها الجسم. كالقوة التي تولد التسارع. أما القانون الثاني فيمضى بالفكرة إلى أبعد من ذلك حين يقرر أن القوة إذا استخدمت للتأثير على جسم ما فإن التسارع الناجم يقع في اتجاه القوة، وأن مقدار التسارع المتولد يتوقف على مقدار القوة وكتلة الجسم ويكتب هذا القانون عادة بهذه الصيغة: القوة= الكتل x السرعة. Force = Mass x = accelaration. والكتلة mass في هذا القانون تحدد التناسب بين القوة المستخدمة والسرعة الناتجة، ويثار إليها بوصفها كتلة القصور الذاتي inertial mass للجسم بحيث يكون القصور الذاتي هو مقاومة جسم ما لتغيير طرأ على الحركة. وإلى قصورنا الذاتي يرجع إحساسنا بأننا مشدودين إلى مقاعدنا أثناء تسارع شديد، أو بالعكس، يشعر الركاب في حالة اصطدام سيارة بأنهم «مدفوعون إلى الأمام» من مقاعدهم. والواقع أنهم مستمرون في حركتهم المطردة إلى الأمام على حين توقفت السيارة التي تضمهم بغتة.

وكان قانون نيوتن للجاذبية الكونية مفتاحا أساسيا آخر في الفيزياء. هذا القانون يقرر أن كل جزيء من المادة يجذب كل جزيء آخر بقوة تتوقف على الكتل المعنية وعلى عكس مربع المسافات الفاصلة بينها. فإذا كان لدينا كتلتان m و M فإن تأثير قوة الجاذبية F، الفاعلة على كل من الجسمين تقدر بهذه المعادلة= $F= Gm\,M/d^2$ حيث تكون G هي ثابت الجاذبية و d هي المسافة بين الكتلتين ويشار إلى الكتلة في هذا السياق على أنها الكتلة الجاذبة gravitational mass، وكما سنرى فيما بعد، إنها مسألة ذات دلالة كبيرة أن لكل من الكتلة الجاذبة وكتلة القصور الذاتي لموضوع ما القيمة نفسها بالضبط (على الأقل في حدود القياس الدقيق للغاية). وكانت الجاذبية ينظر إليها في النظرية النيوتونية على أنها قوة تؤثر فوريا من بعيد، أي أن قوة الجاذبية لجسم ما تنتقل في نفس الآن إلى جسم بعيد.

ويُعرف الراصد الذي يتحرك بسرعة مطردة ولا يخضع لأي نوع من التسارع بأنه راصد بالقصور الذاتي، وقد علق نيوتن أهمية خاصة على مثل هؤلاء الأشخاص الذين يتخذون وضعا مثاليا. فماذا كان مثل هذا الراصد من رجال العلم فإنه سيرغب في أخذ قياسات للكون من حوله، ولكي يفعل ذلك يحتاج إلى إطار مرجعي Frame of reference أي مقياس معياري يقيس به. وللمكان أبعاد ثلاثة، ونحن نرى أن للموضوعات الجامدة

في المكان طولا وعرضا وارتفاعا. ونستطيع أن نحدد موقعا في المكان، أو حجما لجسم جامد بأخذ مقاييس في اتجاهات ثلاثة متعامدة بالتبادل («بالطول» و «العرض» و «الارتفاع»، أو «x»، «y» و «Z»). ولتعين وقوع الحوادث نحتاج أيضا إلى أداة لقياس الوقت (ساعة). ويستطيع أي راصد أن يدبر أية شبكة متسامتة، أو إطارا مرجعيا يكون أساسا يستند إليه عندما يأخذ هذه المقاييس، ويسمى الإطار المرتبط براصد القصور الذاتي الإطار المرجعي القصوري inertial Frame of ref-erence.

ومن الواضح أن قانون نيوتن الأول ينطبق تماما على أي إطار مرجعي للقصور الذاتي. فإذا كانت هناك ثلاث سيارات تتحرك متوازية، ولكن بسرعات مختلفة على ثلاثة مسارات متجاورة في الطريق العام فان السائق في المسار الداخلي والسائق في المسار الأوسط سيسبقهما السائق الذي يقود سيارته في المسار الخارجي. وسيتفق كل من السائقين (اللذين يعتبران راصدين بالقصور الذاتي) على أن السيارة التي تسير في المسار الخارجي تتحرك بسرعة مطردة (على الرغم-طبعا، من أن كلا منهما سيقيس سرعة نسبية مختلفة بينه وبين السيارة الثالثة). والحقيقة هي أن الميكانيكا النيوتونية كلها تصدق في أي إطار للقصور الذاتي، والسرعة النسبية لمعملين لا تأثير لهما على التجارب الميكانيكية التي تجري خارج هذين المعملين. وعلى سبيل المثال، لو أنني وقفت ساكنا في دهليز قطار يسير سيرا متسقا وبسرعة فائقة، وتركت حصاة تسقط من يدي، فإنها سوف تقع مباشرة وفي خط مستقيم على أرضية القطار، بنفس السرعة وعلى النحو نفسه تماما الذي تسقط فيه حصاة مماثلة إذا أجريت هذه التجربة نفسها في حجرتي للمعيشة.

ومع أن نيوتن كان مقتنعا بوجود المكان المطلق الذي تتحرك فيه الأجسام بسرعات مطلقة إلا أنه أدرك أننا في مجال التطبيق نكون في وضع لا يتيح لنا إلا قياس السرعات النسبية فحسب. هذه سيارة تتحرك على الطريق العام بسرعة 100 كيلومترا في الساعة، لها سرعة تتناسب مع سطح الأرض، غير أن الأرض نفسها تدور حول محورها وتتحرك حول الشمس على حين أن الشمس تتحرك حول مركز نظامنا النجمي (المجرة)، وهكذا دواليك. وأيا كان الأمر، لم يراود نيوتن أي شك في وجود الزمان المطلق وإمكانية

اتفاق جميع الراصدين بالقصور الذاتي على الأوقات التي تقع فيها الحوادث. ولو أن راصدا شاهد حادثتين وقرر أنهما متزامنتان فسوف يتفق جميع الراصدين بالقصور الذاتي على أنهما متزامنتان بكل تأكيد. ولحظة الزمان المعينة كانت هي نفسها لحظة الزمان المعينة في كل مكان من العالم.

وفي القرن التاسع عشر، خطا العلماء خطوات واسعة في سبيل فهم حركة الجزيئات المشحونة كهربائيا أثناء حركتها بتأثير القوى الكهربية والمغناطيسية. وهذه التطورات عمد إلى التوليف بينها الفيزيائي الاسكتلندي جيمس كليرك ماكسويل James Clerk Maxwell الذي افترض أن كل جزئ مشحون محاط بمجال أو بهالة لا مرئية تؤثر على الجزيئات الأخرى التي تقع في هذا المجال أي أن مجال جزيء ما يمارس قوته على مجال جزيء آخر. ويختلف هذا المفهوم عن الجاذبية النيوتونية، التي ترى الجاذبية قوة تؤثر فوريا عبر المسافة بين كتلة وأخرى. أما في رأي ماكسويل فالجزئي المشحون كهربائيا متأثر بالمجال بدلا من تأثره بقوة فاعلة فيه مباشرة من الشحنة الأخرى. وهنا يستطيع المرء أن يعقد مماثلة فجة بقوله إن جاك سقط من التل لأنه صادف السفح المنحدر للتل بدلا من قوله إن السبب في سقوطه كان بتأثير القوة الفاعلة فيه الصادرة من قاع التل.

وأدت فكرة المجال إلى افتراض أنه لابد أن المكان كله ممتلئ بسائل لا مرئي يسكنه المجال. هذا الوسط السائل عرف فيما بعد باسم «الأثير» ether. فلابد أن حركة الجزيئات المشحونة تعمل على توليد موجات تنتقل خلال الأثير، مثلما تنتقل الموجات الصوتية عبر الهواء أو الموجات المائية خلال الماء. وتتوقف سرعة هذه الموجات على خصائص الهواء والماء على التوالي وكذلك تتوقف سرعة الموجات الكهرومغناطيسية على خصائص الفضاء. وثبت أن سرعة هذه الموجات الافتراضية هي بالضبط سرعة الضوء المقيسة[*2] والدلالة الضمنية واضحة. فالضوء شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي ينتقل من خلال الأثير على هيئة موجات. وتنبأت معادلات ماكسويل بوجود موجات أطول من الضوء المرئي، والموجات

(*2) حدد سرعة الضوء لأول مرة عام 1675 الفلكي الدنمركي أو. رويمر O. Roemer على أساس ملاحظاته لأوقات خسوف الأقمار التابعة لكوكب المشترى. والمقدار المقبول حاليا لهذه السرعة هو000 ,300 كيلومترا في الثانية تقريبا.

التي من هذا النوع-وهي الموجات اللاسلكية-تمكن من توليدها في المعمل هينريش هرتز Heinrech hertz عندما آن الأوان. واليوم، نحن على ألفة بالموجات الكهرومغناطيسية من جميع أنواع الأطوال، التي تتراوح بين أقل من واحد على مليون مليون من المتر (أشعة جاما) وبين موجات طولها أمتار، أو حتى كيلومترات في حالة الموجات اللاسلكية.

أما أن الضوء قد يكون حركة موجية فمسألة نوقشت قبل ذلك، غير أن ماكسويل أرسى هذه النظرية على أساس رياضي متين. إذ إنه لما كانت جميع الموجات المعروفة موجودة في وسط مثل الهواء أو الماء، فقد كان من المعقول افتراض أن المكان ممتلئ بوسط يحمل الموجات الضوئية. ولا يمكن للمكان أن يكون فارغا تماما، إذا كيف يمكن أن توجد موجة إن لم يكن هناك شيء «تتموج» فيه؟ وبدت فكرة الأثير «الناقل للضوء» فكرة جيدة.

ولم يلبث أن وضع الافتراض بأن الأثير يمكن أن يفسر بأنه المكان المطلق الذي ذهب إليه نيوتن. فلو كان الأثير ساكنا ويملأ المكان كله فيبدو من المعقول إذن أن يؤخذ الأثير على أنه المعيار المطلق للسكون في الكون، وإذا كان الضوء ينتقل بسرعة ثابتة خلال هذا الوسط، فإنه من الممكن إجراء التجارب لاثبات السرعة التي تتحرك بها الأرض خلال الأثير، وبهذا نبرهن على الحركة المطلقة للأرض. وأشهر هذه التجارب كانت تجربة ميكلسون-مورلي التي أجراها لأول مرة عام 1881 آلبرت ميكلسون Albert Michelson ثم عاد إلى إجرائها مرة أخرى بالاشتراك مع إدوارد مورلي Edward Morley بأجهزة أدخل عليها بعض التحسينات في عام1887.

ويتضح مبدأ هذه التجربة من المماثلة التالية. تخيل سباقا بين قاربين، كل منهما قادر على السرعة نفسها في اختراق الماء-وهذا السباق يجري على صفحة نهر ينساب ماؤه بسرعة مطردة. وعرض هذا النهر كيلومتر واحد. وعلى القارب «أ» أن يعبر النهر للوصول إلى نقطة تقع مباشرة على الشاطئ المقابل ثم يعود إلى موقع البدء، على حين أن على القارب «ب» أن يسير مع التيار إلى نقطة تبعد كيلومترا واحدا بمحاذاة الشاطئ، وأن يرجع إلى نقطة البداية. أي القاربين سوف يفوز بالسباق؟ الإجابة هي أن «أ» سينال هذا الفوز في كل مرة. ولكن النقطة الحاسمة في الأمر هي أنه على الرغم من أن القارب «ب» يكمل نصف مسيرة رحلته مع التيار قبل أن يكمل

«أ» عبوره، (لأنه يسبح مع التيار)، فإنه يفقد هذه الميزة في النصف الثاني الذي يرجع فيه (حين يسير ضد التيار).

أما الحجة التي تتعلق بالأثير فتمضي على النحو التالي: إذا كانت الأرض تتحرك خلال الأثير، وإذا كان الضوء ينتقل بسرعة ثابتة خلال الأثير، فإن شعاعا من الضوء مرسلا في اتجاه حركة الأرض، ثم مرتدا إلى نقطة البداية، هذا الشعاع يصل متأخرا عن شعاع أرسل من مسافة مساوية بزوايا قائمة على اتجاه حركة الأرض خلال الأثير. ذلك أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة حوالي 30 كيلومترا في الثانية، ورغم أن هذه السرعة ضئيلة جدا بالقياس إلى سرعة الضوء، فإن حساسية جهاز الرصد كانت بحيث يدخل هذا النوع من الحركة خلال الأثير في نطاقها. ومن الناحية العملية، لم يكن هناك فرق أيا كان يقاس بين الزمانين اللذين استغرقتهما رحلة كل من الشعاعين.

ولما كان من الممكن من حيث المبدأ (وإن يكن ذلك أمرا بعيدا الاحتمال) أنه في الوقت التي أجريت فيه هذه المقاييس تصادف أن الأرض كانت ثابتة بالنسبة للأثير، فقد أعيدت التجربة في أوقات مختلفة من السنة، عندما كانت الأرض تتحرك في اتجاهات مختلفة، وبذلك لم تكن ساكنة في كل مناسبة من تلك المناسبات، ومع ذلك، لم يظهر أي فرق. وأصبح من الواضح تدريجيا للفيزيائيين أنه ما من تجربة يمكن أن تبين حركة الأرض خلال الأثير. وفي حدود المماثلة التي لجأنا إليها عن القاربين المستابقين على صفحة النهر، يبدو أن النتيجة لا معنى لها على الإطلاق، إذ يبدو أنها توحي بأن سرعة النهر لا تشكل أي اختلاف بالنسبة للزمن الذي يستغرقه كل من القاربين في إتمام رحلته. فمن المفروض أن يعود كل منهما بالضبط في اللحظة نفسها.

وعندما اضطر العلماء في نهاية المطاف إلى قبول نتائج هذه التجربة على الرغم من معارضتهم لها حاول بعض الفيزيائيين البارزين الحفاظ على فكرة الأثير الشامل بطرق ملتوية. وبمعزل عن هذه التجارب أقترح فيتزجيرالد George Fitzgerald الفيزيائي الأيرلندي وهنريك لورنتس Henrik Lorenz الهولندي-في التسعينيات من القرن التاسع عشر-أن فكرة الحركة خلال الأثير لا تؤثر على أجهزة القياس بنفس القدر الكفيل بالحيلولة دون

الكشف عن الحركة في الأثير. وبالأخص، فإن قضبان القياس (مثل المساطر، أو أي شيء يستخدم في قياس الأطوال) يمكن أن يتقلص في اتجاه الحركة، كما يمكن أن تبطئ الساعات في سيرها. وهكذا يمكن أن تفشل أية أداة يراد بها الكشف عن الحركة خلال الأثير في تحقيق هدفها. ومع أن هذا الافتراض المريح جدا «يفسر» بمعنى ما إخفاق تجربة ميكلسون ومورلي، إلا أنه يبرهن أيضا كما أشار إلى ذلك هنري بوانكاريه صح Henri Poincar الرياضي الفرنسي-على أن الأثير-لو كان موجودا-سيظل دائما دون اكتشاف. وإذا كانت كل التجارب التي تستهدف الكشف عن الحركة خلال الأثير مقدرا عليها الفشل، فلن يكون ثمة دليل على وجود الأثير. وإذا كان هناك شيء-حتى لو وجد-لا سبيل إلى الكشف عنه بتاتا سواء من حيث المبدأ أو التطبيق-فلا قيمة له بالنسبة للعلم. وهكذا تحول الأثير إلى مفهوم لا جدوى منه على الإطلاق.

وصول النسبية الخاصة:

وفي عام 1905 اكتسح آلبرت آينشتين الأسس المتداعية للنظرة الكلاسيكية إلى المكان والزمان، وحل المشكلة التي واجهت تجربة ميكلسون ومورلي عن طريق النظرية النسبية الخاصة التي نشرت في ذلك العام. وتقوم هذه النظرية على مسلمتين أساسيتين.

المسلمة الأولى: هي مبدأ النسبية القائل «بأن جميع أطر القصور الذاتي معادلة تماما لأداء التجارب الفيزيائية جميعا». ويقتضي هذا أنه إذا كان ثمة معمل يتحرك بسرعة متساوقة، فإن حركة المعمل لا تؤثر أي تأثير على نتيجة التجربة التي تجري داخله. وكان اهتمام أينشتين منصبا على أنه بالرغم من أن ميكانيكا نيوتن لم تتأثر بحركة أطر القصور الذاتي (بمعنى أن التجارب الميكانيكية تعطي النتائج ذاتها داخل المعامل بغض النظر عن السرعة التي تتحرك بها المعامل)، فإن الظواهر الكهرومغناطيسية (مثل انتشار الضوء) كشفت عن أنها قائمة على إطار مرجعي معين، ألا وهو الأثير. وبدا له أنه لاوجود لسبب قوي يفسر لماذا لا تتأثر مجموعة من التجارب الفيزيائية بالحركة المتساوقة بينما تتأثر بها مجموعة أخرى. وهدم مبدأ النسبية هذا التمايز، وقام بتفسير الفشل الذي منيت به تجربة

ميكلسون-مورلي. فمن الواضح أن سرعة المعمل (وهي الأرض هاهنا) لا تأثير لها على التجربة (قياس الزمن الذي تستغرقه أشعة الضوء لتغطية مسافات متساوية في اتجاهات مختلفة).

أما المسلمة الثانية فكانت أن الضوء ينتقل خلال فراغ بسرعة ثابتة في أطر القصور الذاتي جميعا. أو بعبارة أخرى، إن سرعة الضوء التي يقيسها راصد هي هي نفسها بغض النظر عن السرعة النسبية للراصد ومصدر الضوء. ويبدو هذا نوعا من الهراء كما أنه يشكل تحديا لما نسميه «الحس المشترك». وعلى سبيل المثال، لو أن هناك سيارتين تسافر كل منهما بسرعة 100 كيلومتر في الساعة وحدث بينهما تصادم مباشر، فإنه من المؤكد أن السرعة النسبية لتأثير الصدمة يكون 100 + 100= 200 كيلومتر في الساعة. غير أن النسبية الخاصة تفترض شيئا آخر. فلو أن سفينة فضاء تقترب من مصدر للضوء بسرعة تعادل نصف سرعة الضوء (أي000 , 150 كيلومترا في الثانية)، فماذا تكون سرعة الضوء المقيسة كما يراها طاقم سفينة الفضاء؟ الحس المشترك يفترض أنه إذا كان الضوء ينتقل من المصدر بسرعة 000 , 300 كيلو متر في الثانية وسفينة الفضاء تقترب من المصدر بسرعة 000 , 150 كم في الثانية، فإن السرعة النسبية لسفينة الفضاء سوف تكون 000 , 450 كيلومترا في الثانية. ووفقا للنسبة الخاصة، تكون سرعة هذا الشعاع من الضوء كما يقيسها الطاقم 000 , 300 كيلومتر في الثانية بالضبط فليس من الضروري على ما يبدو أن واحدا زائد واحد يساوي اثنين في عالم النسبية العجيب!

قد يبدو هذا مجافيا للعقل، غير أنه بالضبط هو ما برهنت عليه تجارب عديدة. فلا سرعة المصدر ولا سرعة الراصد لهما أي تأثير على سرعة الضوء المقيسة. فهل نثق في الحس المشترك (الذي يقوم-على كل-حال على أساس التجربة المحلية اليومية) ونرفض النظرية، أم ينبغي علينا أن نقبل نتائج التجارب التي أجريت بعناية والتي تبين بوضوح تام أن الكون لا يلتزم بالقواعد الساذجة التي قد نود فرضها عليه؟ ونظرا للنجاحات العديدة التي أحرزتها النسبية الخاصة، فلا مندوحة لنا عن قبول البديل الأخير. وهذا الامتزاج بين مبدأ النسبية وثبات سرعة الضوء وقع في نظرية النسبية الخاصة، وبمجيئه تم استبعاد فكرة الأثير بقضها وقضيضها،

وما ارتبط بها من مفهوم المكان المطلق. وهكذا تم وبضربة واحدة اكتساح كل الأسس التي الذي قامت عليها الفيزياء المتعارف عليها لمدة تزيد على قرنين.

زوال (التزامن)

من الضحايا المباشرين لقبول المسلمتين اللتين وضعتهما النسبية الخاصة كان مفهوم الحوادث المتزامنة. فإذا كان زمان نيوتن المطلق موجود، فلابد أن تكون الحوادث متزامنة إذا وقعت في لحظة بعينها من الزمان المطلق. وسيكون الراصدون جميعا قادرين على الاتفاق على أن هذا هو ما رصدوه، أي أن الحوادث وقعت معا في وقت واحد. أما النسبية الخاصة فتقرر أن راصدين في حركة نسبية لا يتفقان بالضرورة على أن هناك حادثتين متزامنتين، ومن المؤكد أنه من أبعد الاحتمالات أن يتفقا على ذلك، إلا إذا كانت الحادثتان قد وقعتا أيضا في نفس المكان.

كيف يمكن أن يقرر راصد (أنت أو أنا أو أي شخص آخر) ما هما الحادثتان المتزامنتان؟ فلو أن الحادثتين وقعتا في وقت واحد مباشرة إلى جواره، فلن تكون ثمة مشكلة، ولكن إذا كانت الحادثتان منفصلتين في إطاره المرجعي، فسيكون الموقف أشد عسرا. وإذا كان يجلس في منتصف دهليز طويل، فإنه يستطيع أن يكون على يقين من أن الحادثتين اللتين وقعتا في الطرفين المضادين لذلك الدهليز متزامنتان إذا وصلته الإشارتان الضوئيتان المنبعثتان من هاتين الحادثتين في اللحظة نفسها. وهذا كله يبدو جليا بذاته.

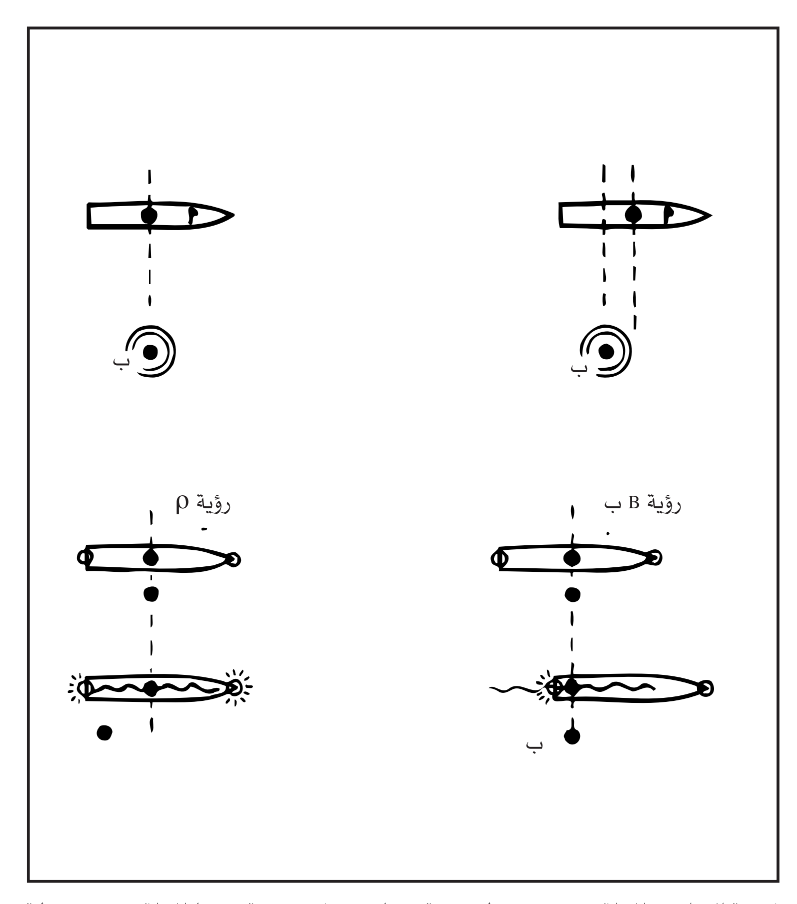
تصور الآن سفينة فضاء فائقة السرعة تمر على راصد ثابت هو (ب) مستقر على محطة فضاء. وفي اللحظة التي يعبر فيها (ب) يضغط أحد أعضاء الطاقم (أ) في منتصف سفينة الفضاء على زر يرسل شعاعا من الضوء إلى كل نهاية من نهايتي السفينة. ويتسبب وصول الشعاع في أن يأتي ضوء عند كل نهاية من سفينة الفضاء، وأن يظن عضو الطاقم أن الضوءين يأتيان في آن واحد. أما الراصد «الثابت» (ب)، فسيكون له رأي مختلف. والنقطة الأولى هي أنه التزاما بالنظرية النسبية، ينبغي أن تكون سرعة الضوء ثابتة في إطاره المرجعي. والنقطة الثانية هي أنه نظرا لسرعة

الضوء المتناهية، فإن سفينة الفضاء تكون قد تحركت بمسافة قابلة للقياس في الزمن الذي استغرقته إشارة عضو الطاقم لاجتياز سفينة الفضاء، وبالنسبة للراصد (ب)، تكون مؤخرة السفينة قد تقدمت مسافة صوب النقطة التي أرسلت منها إشارة (أ) الضوئية وتكون مقدمة السفينة قد تراجعت عن هذه النقطة. وفي رأي (ب) أن الإشارة الضوئية تجد المسافة التي تقطعها للالتقاء بمؤخرة السفينة أقل من المسافة التي تقطعها للوصول إلى المقدمة. ومن ثم، فإنه سيري الضوء عند ذيل السفينة قادما قبل الضوء الموجود في المقدمة. فالحوادث ليست متآنية من وجهة نظر (ب)، وإن تكن متآنية بوضوح من وجهة نظر (أ).

أيهما على صواب (أ) أو (ب)؟ كلاهما على صواب داخل الإطار المرجعي لكل منهما، غير أن أحدهما ليس «أكثر صوابا» من الآخر. فلا وجود لحقيقة مطلقة في هذا الأمر، لأنه لاوجود لزمان مطلق. والراصدون في الحركة النسبية لا يستطيعون الاتفاق على أي الحوادث هي المتآنية.

ونستطيع أن نتقدم مرحلة أخرى بأن نتخيل أنه في اللحظة التي يضغط فيها عضو الطاقم على الزر، تسبقه سفينة فضاء ثانية، متجهة الاتجاه نفسه. أما بالنسبة للسفينة الثانية، ولراصد يستقلها هو «ج»، فإن السفينة الأولى تتحرك من اليمين إلى اليسار، أي بالنسبة إليه، تتحرك السفينة الأولى متقهقرة إلى الوراء. وسيلاحظ «ج» أن الإشارة الضوئية التي يرسلها (أ) تنتقل إلى مقدمة السفينة الأولى في مسافة أقل من المسافة التي تقطعها إلى ذيل السفينة. ومن ثم، فإنه سيري أن الضوء عند المقدمة يصل قبل الضوء المنبعث من المؤخرة. وليست المسألة أن «ج» لا يتفق مع «أ» عن الطبيعة المتآنية لهذه الحوادث فحسب، بل هي أنه سيراها تقع في ترتيب مضاد لنظرة «ب» هناك إذن ظروف لا يتفق فيها راصدو القصور الذاتي حول الترتيب الذي تتخذه الحوادث. غير أنهم سيتفقون دائما-كما سنرى ذلك فيما بعد-على ترتيب الحوادث التي ترتبط فيما بينها ترتيبا عليا Causally، أي حيث تكون الحادثة الأولى علة في حدوث الحادثة الثانية.

هذا الموقف يتناقض تناقضا صريحا مع الفكرة النيوتونية عن «الزمان المطلق، الحقيقي، الرياضي، الذي ينساب متساويا دون علاقة بأي شيء خارجي». وبالزمان المطلق يتحدد ترتيب الحوادث على نحو فريد بواسطة



نسبية التزامن. المراقب A في وسط سفينة فضاء تتحرك بسرعة بينما المراقب في محطة فضائية. في اللحظة التي يمر فيها أ بجوار ب يضغط على محول ينقل شعاعين من الضوء كل شعاع فيهما تجاه طرف من طرفي السفينة.وفور وصول الشعاعين يضيء مصباحان.

في (أ) أ يمر بجوار ب في الزمن t1، وفي الوقت الذي يستغرقه الشعاعان للوصول إلى طرفي المركبة تكون المركبة قد تحركت إلى الوضع المشار إليه. (الآن الزمن t2). وحسب رؤية أ يكون ساكنا داخل المركبة الفضائية. وحيث إن الإشارتين عبرتا مسافتين متساويتين فإنهما تصلان إلى الطرفين المتقابلين للمركبة في آن واحد. أي أنه حسب رؤيته يضيء المصباحان في ذات الوقت. ولكن حسب رؤية B ينبعث الشعاعان من نقطة مجاورة (حيث يكون أ) ويقطعان في سرعة ثابتة بالنسبة إليه، مسافتين متساويتين في اتجاهين متقابلين خلال فترة محددة من الزمن. وحيث إن المركبة تحركت إلى الأمام فإن الشعاع المتحرك يسارا يقطع، للالتقاء بمؤخرة المركبة، مسافة أقل من المسافة التي يقطعها الشعاع الآخر للالتقاء بالمقدمة. لهذا يرى ب مصباح المؤخرة يضيء قبل مصباح المقدمة: وحسب إطاره المرجعي للزمن لا يكون الحدثان متزامنين.

المواقع التي تحتلتها في الزمان المطلق، كما ينبغي أن تشاهد الحوادث دائما في ترتيبها «الصحيح»!. وتبرهن النسبية الخاصة على أن الزمان نفسه نسبي، وأنه لا وجود لتقدير للزمن الذي تقع فيه حادثة ما أكثر تميزا عن غيره من التقديرات، وأنه باستثناء حالة «العلة والمعلول»-لا وجود لترتيب «صحيح» للحوادث.

تحول لورنتس ونتائجه

كيف نربط بين الملاحظات التي أجراها الراصدون للحركة النسبية المتسقة؟ تخيل اثنين من هؤلاء الراصدين «أ» و«ب» (مرة أخرى!)، كل منهما مجهز بنظام تنسيقي يستطيع به قياس المواقع في المكان، وبساعة لقياس الزمن. ولنفترض أن «ب» يمر بالقرب من «أ» وفي هذه اللحظة يضبطان ساعتيهما على زمن واحد، ويتفقان على أن وقت التقائهما فلنقل إنه كان «صفر ساعة». وبعد أن مضى وقت معين هو «ز» على ساعة «أ» شاهد حادثة تقع على مسافة x(س)، مقيسة وفقا لإطاره المرجعي. وفي هذه الأثناء كان «ب» يتحرك في الاتجاه-x(س) بسرعة ثابتة (ع): وهو يشاهد أيضا الحادثة ويحدد الوقت (زَ) والمسافة (سَ) لها. ووفقا للأفكار النيوتونية، يرتبط قياس «ب» للزمن وموقع الحادثة بالمقاييس التي يسجلها «أ» بواسطة التحول الجاليلي Galilean transformation كالآتي:

$$x^1 = x-vt$$

فمادام ب كان يسير بالوقت t بسرعة v في الاتجاه-x فإنه سيقطع مسافة مساوية (vt)، وسيكون قريبا من «أ» بهذه المسافة.

$t^1 = t$: إذا كان الزمان مطلقا، فسوف يتفق الاثنان على اللحظة التي وقعت فيها الحادثة. ولا تتفق النسبية الخاصة مع التحول الجاليلي. وبدلا من ذلك، فان المقاييس التي يجريها الراصدان ترتبط فيما بينها بمجموعة من المعادلات تعرف باسم تحول لورنتس Lorentz transformation. هذه المعادلات هي تلك التي وصفها لورنتس لتفسير استحالة الكشف عن الأثير، غير أنها سمة طبيعية للنسبية الخاصة. والعلاقات (الأكثر تعقيدا نوعا ما) هي كالآتي:

$$x^1 = (x-vt) / \sqrt{(1-v^2/c^2)}$$

حيث تدل على c سرعة الضوء، و

$$x^1 = (x-vt) / \sqrt{(1-v^2/c^2)}$$

ومن الواضح أن الزمانين لا يمكن أن يكونا شيئا واحدا، إلا إذا كانت v= صفر.

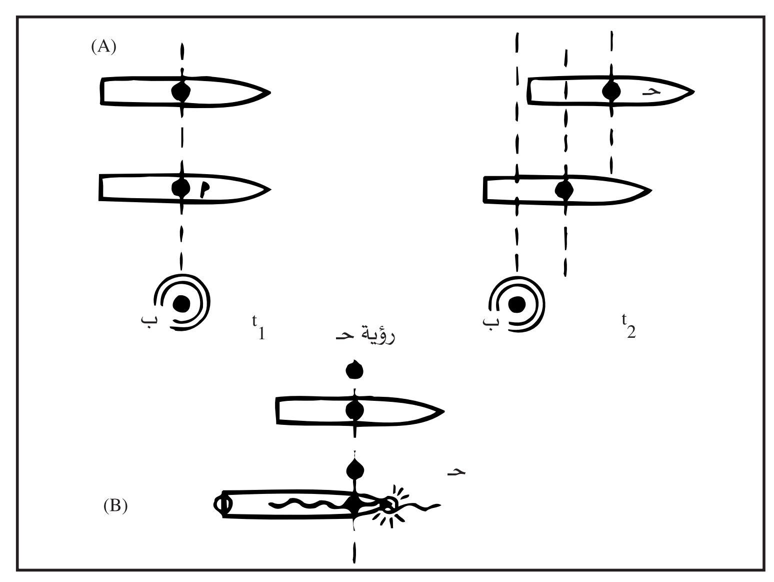
وهنا ينشأ عن تحول لورنتس عدد من الآثار التي تبدو في حدود الحياة اليومية غريبة حقا، غير أن التجربة قد أكدتها. هذه الآثار هي: تقلص الطول، وتمدد الزمان، وازدياد الكتلة، والمفهوم القائل بأن سرعة الضوء هي أعظم سرعة ممكنة تستطيع أن تنتقل بها الإشارة، وهي السرعة التي لا يستطيع أن يبلغها شئ مادي. واهتمامنا ينصب على الزمان بالذات، غير أن الآثار الأخرى جديرة بالذكر أيضا.

تقلص الطول:

طول شيء يتحرك بالنسبة للإطار المرجعي لراصد ما هو أقل من طول هذا الشيء مقيسا في إطار مرجعي يكون فيه هذا الشيء ثابتا. ولو أننا أخذنا شيئا ما وقسنا طوله حين يكون ساكنا، فإن المقدار الذي نحصل عليه يسمى طول السكون rest length، ولو أننا قمنا بقياس هذا الشيء نفسه وهو يتحرك أمامنا بسرعة فائقة، فإننا سوف نقيس مقدارا أصغر من الطول. وبعبارة أخرى، الأشياء المتحركة تتقلص على طول الاتجاه الذي تتحرك فيه. فهي تتقاصر بمعامل $\sqrt{(1-v^2/c^2)}$ ، الذي هو معامل لورنتس وستظهر سفينة الفضاء التي تتحرك بسرعة 87 ٪ من سرعة الضوء على أنها نصف طول السكون فحسب. فماذا يحدث لرواد الفضاء في الداخل؟ لم يتغير شيء من وجهة نظرهم. أما من وجهة نظر شخص في الخارج، فإن أطوالهم تتقلص بنسبة متساوية مع سفينة الفضاء نفسها، غير أنه لا توجد وسيلة لسكانها في قياس هذا التقلص أو الشعور به. وكلما ازدادت سرعة سفينة فضاء بالنسبة إلينا، ازدادت قصرا حتى إذا تمكنت من بلوغ سرعة الضوء، لن يكون لها طول على الإطلاق.

والواقع أن الموقف متماثل تماما. فلو أن سفينتين للفضاء عبرت كل منها الأخرى، فسوف يلاحظ طاقم السفينة الأولى أن سفينة الفضاء الثانية تعاني من تقلص في الطول على حين أن طاقم السفينة الثانية سيكون

مقتنعا بالمثل بأن سفينة الفضاء الأولى هي التي أصيبت بالتقلص. وهنا، تؤكد النسبية الخاصة مرة أخرى أنه ليس هناك معايير مطلقة للقياس في الكون. وكل طاقم على صواب تماما في استنتاجه، غير آن أحدا منهما لا يستطيع أن يقول إن الآخر «مخطئ».



مثال أخر أكثر تعقيدا بقليل من المثال السابق عن نسبية التزامن في اللحظة التي يمر بها أ بجوار ب يلحق مراقب ثالث ج بالمركبة أو يتجاوزها في سرعة أكبر. سيكون الموقف بعد قليل حيث الزمن t2 كما هو موضح في ا. ونرى في الوضع حسب رؤية ح الشعاعين الضوئيين اللذين أطلقهما أ انبعثا من نقطة بالقرب من ح ويتحركان بالضرورة بسرعة ثابتة حسب إطاره المرجعي. ونظرا لأن مركبته الفضائية تجاوزت مركبة أ فإن ح سوف يستنتج أن شعاع الضوء المتجه يمينا قطع مسافة أقصر وسوف يرى الضوء الأمامي يصل أولا. إنه بذلك سيتفق مع ب على أن الضوء ين لم يصلا في وقت واحد؛ ولكنه سيصر على ترتيب عكسي للأحداث.

هنا إذن يلوح الأمل لأولئك الذين يمتلكون سيارة تكون من الطول بحيث لا تناسب حظيرة السيارات. فلو أنك دخلت بها بالسرعة الكافية التي تصل إلى نسبة كبيرة من سرعة الضوء، فانك تستطيع أن تدخل أية سيارة في حظيرة صغيرة (شريطة أن يكون لهذه الحظيرة جدار متين إلى ما لا نهاية لكي يوقفك في آخر الحظيرة)، إذ تكون السيارة قد تقلصت من وجهة نظر الحظيرة. وقد تشعر بأن تماثل أثر تقلص الطول يضع هاهنا مشكلة. ذلك

أن الحظيرة من وجهة نظر السائق، تقترب منه على كل حال، وينبغي أن تبدو له أقصر مما كانت. وهذا حق، ولكن، عندما تصطدم مؤخرة السيارة بالجدار الخلفي للحظيرة، وتقف بلا حراك تماما، فإن مؤخرة السيارة لن تكون قد «علمت» بعد بأن هذا قد حدث. ولهذا سوف تستمر المؤخرة في الحركة إلى الأمام حتى ينقضي الوقت الذي تنتقل فيه صدمة التأثير خلال السيارة من المقدمة إلى المؤخرة. ولما كانت الصدمة لا تستطيع أن تنتقل بأسرع من الضوء، فإن المؤخرة سوف تتحرك دائما إلى الأمام بما يكفي لاختراق الباب!

وثمة ضوء جانبي يساعد على توضيح هذا المثل الذي نعترف بأنه مصطنع، ألا وهو تلك الحقيقة القائلة بأنه في النسبية الخاصة لا يمكن أن يوجد جسم جامد تماما. (ذلك أن مفهوم «الجسم الجامد» مظهر آخر من مظاهر الميكانيكا النيوتونية). وأي جسم يقف ساكنا بغتة لابد من أن ينضغط، لأن مؤخرة الشيء لا يمكن أن «تعلم» أن المقدمة قد وقفت في فترة من الزمن أقل من الوقت الذي يمكن أن تستغرقه إشارة للانتقال من المقدمة إلى المؤخرة. فما من إشارة تستطيع أن تنتقل بأسرع من الضوء. وللضوء سرعة متناهية. ومن ثم فإن المقدمة والمؤخرة لا يمكن أن يتوقفا في الوقت نفسه، كما لا يمكن للجسم أن يكون جامدا جمودا مطلقا.

تزايد الكتلة

تسمى كتلة الجسم في حالة السكون بأنها كتلة السكون rest mass فإذا كان هناك جسم يتحرك بالنسبة لراصد، فإن كتلته المقيسة (m) تكون أكبر من كتلة سكونه (mo)، وكلما اقترب الجسم من سرعة الضوء صارت كتلته أكبر. وهذه العلاقة هي ببساطة:

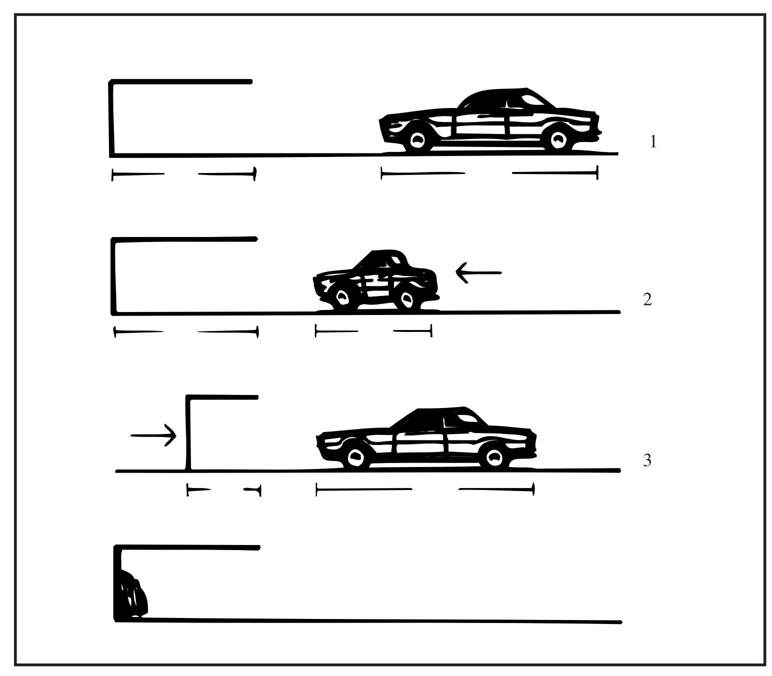
$$m = mo/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$$

وفي 87٪ من سرعة الضوء، تكون كتلة الجسم المتحرك ضعف كتلة سكونه، وكلما اقتربت السرعة أكثر من سرعة الضوء، ازدادت الكتلة، حتى إذا أمكن للجسم أن ينتقل بسرعة الضوء، صارت كتلته لا متناهية. وهذا عامل مزعج بالنسبة للمسافرين بين الكواكب في المستقبل، ذلك لأنهم يريدون أن يسافروا بأسرع ما يمكن نظرا للمسافات الهائلة التي عليهم أن

يقطعوها. وكلما تحركت سفينة الفضاء بسرعة أكبر، صارت كتلتها أكبر، وازدادت كمية الطاقة التي لابد من توفيرها للعمل على زيادة سرعتها ولو بقدر ضئيل. ولن تكون كل الطاقة المتاحة في مجرتنا كافية للإسراع ولو بذرة واحدة لتصل بالضبط إلى سرعة الضوء. ومن الممكن حقا أن تقترب اقترابا شديدا من سرعة الضوء ولكنها لن تحقق ذلك تماما. وهنا نرى بمعنى فيزيائي واضح كيف أن السفر بسرعة الضوء أمر محال بالنسبة للأشياء المادية، وكيف أن سرعة الضوء تمثل حائلا لا سبيل إلى النفاذ منه ظاهريا للنقل الفائق السرعة. فإذا كان جسم ما لم يصنع للانتقال بسرعة الضوء، فإنه يبدو جليا أنه من المحال أن ينتقل أي شيء بأسرع من الضوء. ومهما يكن من أمر، ربما لم يكن هذا هو القصة كلها، وسنعود بعد قليل إلى إمكان وجود جزئيات تتمتع بسرعة أعظم من سرعة الضوء.

وازدياد الكتلة ظاهرة أكدتها التجارب المعملية. ذلك أن مسارع الجسيمات Particle accelerator في المعامل النووية قادر على رفع سرعة الجسيمات دون الذرية إلى نسب ضخمة جدا من سرعة الضوء، والواضح تماما من نتائج هذه التجارب أن كتل الجسيم تزداد بالنسبة التي تتنبأ بها النسبية الخاصة.

وتتمخض هذه النظرية عن ظاهرة ترتبط ارتباطا مباشرا بهذا الموضوع هي ظاهرة تعادل الكتلة والطاقة: فالطاقة يمكن أن تتحول إلى كتلة، والكتلة يمكن أن تتحول إلى طاقة. وهذا ما يحدث بالضبط مع ازدياد الكتلة الذي ناقشناه من فورنا: فالطاقة التي نزود بها جسما متحركا في محاولاتنا لزيادة سرعته يتم امتصاصها جزئيا في الكتلة المتزايدة لذلك الجسم. والصلة التي استمدها أينشتين هي بالتأكيد أفضل المعادلات الفيزيائية المعروفة جميعا: فإذا كانت E تمثل الطاقة، وm تمثل الكتلة، وc تشير إلى سرعة الضوء، فإن $E = mc^2$ (الطاقة = الكتلة x مربع سرعة الضوء). أي أن الطاقة التي نحصل عليها من تدمير كمية معينة من المادة تعادل الكتلة المدمرة مضروبة في مربع سرعة الضوء. ولما كانت سرعة الضوء رقما كبيرا، ومربع سرعة الضوء رقم أكبر كثيرا، يترتب على ذلك أن كمية كبيرة من الطاقة يمكن أن تطلق من كمية ضئيلة من المادة. هذه العلاقة قدمت المفتاح لتفسير كيفية سطوع الشمس والنجوم الأخرى. إذ تجري داخل الشمس عملية الاندماج النووي. وفي درجة حرارة تبلغ حوالي 15 مليون



نسبية طول الانكماش: كيف تتأكد من إمكانية إدخال سيارتك الفارهة داخل حظيرة سيارات صغيرة.

ا- أنت مضطر إلى إدخال سيارتك التي يبلغ طولها 6 متر إلى داخل حظيرة سيارات طولها 4 متر.

2- عليك أن تقود سيارتك بسرعة تعادل 87 ٪ من سرعة الضوء إلى داخل الحظيرة. حسب الإطار المرجعي

للحظيرة ستنكمش السيارة إلى نصف طولها الأصلي بسبب أثر السرعة على الطول.

3- هذه نتيجة تثير انزعاجك؛ إذ حسب إطارك المرجعي تجد أن الحظيرة تقرب في اتجاهك بسرعة 87٪ من

سرعة الضوء وبهذا تبدو لك وكان طولها نقص إلى 2 متر فقط بينما لا يزال طول شارتك 6 متر.

4- ولكن تماسك ولا تدع أعصابك تفلت منك. إذ مع افتراض أن الحائط الخلفي للحظيرة شديد الصلابة إلى مالا نهاية فإن سيارتك سوف تصطدم بهذا الجدار وتغدو الحظيرة ملائمة للسيارة بعد التوقف. وحسب وجهة نظر الحالة (2) فإن مؤخرة سيارتك لن تتوقف حتى تصلها معلومات بأن المقدمة توقفت. وهذا لن يتم قبل مضي الوقت اللازم لكي يقطع الضوء مسافة الـ 3 متر إلى المؤخرة. وخلال هذه الفترة ستقطع المؤخرة مسافة 61ر 2 مترا (أي 87٪ من مسافة الـ 3 متر وبذا تدخل السيارة يقينا الحظيرة بالكامل. وحسب نظرة الحالة (3) تستمر المؤخرة في الحركة إلى الأمام على الأقل طوال الفترة التي يقطع فيها الضوء مسافة 6 متر، وبذلك يقطع مسافة 22ر 5 مترا لكي ندخل السيارة بطريقة مريحة الحظيرة. ولكن في كلتا الحالتين ربما يلزم بطبيعة الحال سداد فاتورة الإصلاح.

درجة (مئوية) في قلب الشمس، يتحول أخف عنصر، وهو الهيدروجين إلى العنصر الذي يليه في الخفة، وهو الهليوم، وفي هذه العملية يتحول قدر معين من المادة إلى طاقة. وفي كل ثانية. تحطم الشمس حوالي أربعة ملايين طن من المادة، وهذا يدعم تدفقها الهائل للإشعاع.

وإن تعادل الكتلة والطاقة المستمد مما يبدو لمعظم الناس نظرية مجردة تمام التجريد عن المكان والزمان، قدم لنا المفتاح لفهم النجوم، ثم توليد القوة النووية ومنها إلى تطوير القنبلة النووية. والدرس الذي تعلمناه هو أنه ما من نظرية علمية مهما بدت لنا مقطوعة الصلة بأحداث الحياة اليومية يمكن النظر إليها على أنها خارجة عن الموضوع: فنحن لا نملك التنبؤ بالنتائج العملية المترتبة على التطور العلمي البحت.

تمدد الزمان:

قد يجد راصد القصور الذاتي أن معدل السرعة التي يمضي بها الزمان على جسم يتحرك بالنسبة له أبطأ من معدل السرعة التي يمر بها الزمان داخل إطاره المرجعي الخاص. ولو أتيح له أن يراقب ساعة موضوعة على سطح سفينة فضاء سريعة الحركة، فسيرى أن عقارب هذه الساعة قد دارت حول مينا تلك الساعة بسرعة أبطأ من عقارب ساعة مستقرة على المنضدة التي إلى جانبه. وتبعا للنسبية الخاصة، لا ريب في هذه المسألة، فالزمان ينساب على الأشياء السريعة الحركة بسرعة أبطأ مما لو كان على الأشياء «الثابتة». وبالنظر إلى تحول لورنتس نجد أن فترة الزمن Δt، بين حادثتين (مثل نبضتين متتاليتين لساعة ما) كما يقيسها راصد مقيم (أ)، وزمن الفترة 't التي يقيسها راصد متحرك ترتبط بالمعادلة.

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{(1-v^2/c^2)}$$

ويتفق الراصدان على الفترة الزمنية في حالة واحدة فحسب إذا كان كل منهما ثابتا بالنسبة للآخر (أي حين تكون صفر =7). وعلى سبيل المثال، إذا كان ب يتحرك ب 87 ٪ من سرعة الضوء بحيث أن:

$$\sqrt{(1-v^2/c^2)} = \frac{1}{2}$$

وكانت الساعات متزامنة بحيث تقرا: t = O و t'= o، عندما يمر (ب) على(أ) فما هي الفترة الزمنية التي سوف تسجل على ساعة ب عندما

تسجل ساعة (أ)، الساعة 2؟ تنبؤنا معادلتنا بوضوح أن ساعة (ب) سوف تسجل $2 \times \frac{1}{2} = 1$ ساعة. فمن المؤكد أن ساعة ب تجري بسرعة أبطأ بالقياس إلى ساعة (أ).

تمدد الزمان إذن نتيجة حقيقية، وهذا التمدد يؤثر على كل شيء فليست الساعات الآلية هي التي تتأثر وحدها، وإنما العمليات الذرية وكل الظواهر الفيزيائية تتأثر أيضا بنسبة متساوية. وفضلا عن هذا كله، سوف تتأثر الساعات البيولوجية لطاقم سفينة الفضاء التي تتحرك بتلك السرعة الفائقة. ومبدأ النسبية محدد تماما فيما يتعلق بهذا الموضوع. والعبارة القائلة بان «جميع أطر القصور الذاتي متعادلة تماما لأداء التجارب الفيزيائية جميعا» تقتضي عدم وجود أية طريقة يمكن أن تكشف بها الظواهر الحادثة داخل معمل مغلق (هو في هذه الحالة سفينة الفضاء) عن السرعة التي يتحرك بها المعمل، شريطة أن تكون سرعته متسقة. فإذا لم تتأثر عمليات الشيخوخة عند رواد الفضاء بالنسبة نفسها التي تبطئ بها الساعات، فسوف يلاحظ أفراد الطاقم أنهم يشيخون بسرعة أكبر بالقياس إلى ساعاتهم (البطيئة) من السرعة التي يشيخون بها عندما يعودون إلى الأرض. ومبدأ النسبية يحوله دون هذه الإمكانية. فلو أن أي عملية تجري داخل جدران سفينة الفضاء لا تتمشى مع الأثر الذي يتركه تمدد الزمان، فسوف يدل ذلك على وجود نوع من الزمان المطلق، وأن هناك أيضا مكانا مطلقا وسرعة مطلقة. وعندما يواجه كثير من الناس بظاهرة تمدد الزمان فإنهم وبينما يكونون على استعداد لقبول أن الساعات الآلية قد تسير ببطء في السرعات الفائقة، يرفضون قبول أن زمان الجسم وعملية الشيخوخة يتأثران على نحو مماثل. غير أننا لا نستطيع أن نتغاضى عن هذه النتيجة وهي أن الكائنات البشرية ستتأثر بالضبط على هذا النحو نفسه كما تتأثر سائر الأشياء المادية الأخرى.

وكلما اقترب جسم متحرك من سرعة الضوء، كان أثر تمدد الزمان أشد وضوحا، حتى إذا أمكن السفر بسرعة الزمان تماما، فإن الزمان يتوقف، ويمكن لأية رحلة أن تتم في صفر من الزمان!

وكل راصد (في إطار) القصور الذاتي له زمانه الخاص به. وهذا هو الزمان الذي تقيسه الساعة التي يحملها معه (وإن لم تكن معه ساعة آلية،

فإن الساعة البديلة هي المعيار الزمني الذي تجري عليه الظواهر الطبيعية وعملياته الجسمانية). وزمانه الخاص هو زمانه «الصحيح» فيما يتصل به غير أن الأزمنة الخاصة للراصدين الذين يتحركون حركة مطردة نسبية لن تتفق مع بعضها. وسيلاحظ راصد القصور الذاتي أن جميع الساعات التي تسير بالنسبة إليه تسير ببطء، ومن ثم، لا توجد ساعة تجري بسرعة أكبر من «الساعة الخاصة». والزمن الذي يحدده راصد لحادثة بعيدة-القائم على معرفة المسافة التي وقعت فيها الحادثة، والسرعة التي تربط بها الإشارة بين الحادثة والراصد (وهي عادة سرعة الضوء) والزمان الخاص الذي شوهد فيه وقوع الحادثة-هذا الزمان يعرف باسم الزمان الإحداثي Coordinate time.

وأثر تمدد الزمان في السرعات اليومية العادية ضئيل لا يكاد يذكر. وعلى سبيل المثال، لو أن سيارة تسير بسرعة 100 كيلومتر في الساعة فسيكون لدينا V/C يعادل 0,0000001، وإذا كان في هذه السيارة ساعة فإنها تبطئ بنسبة واحد على 200000000000000، أي بثانية واحدة في حوالي سبعة ملايين سنة. بل إن صاروخا ينطلق بسرعة إفلات الأرض التي هي 11 كيلومترا في الثانية (حوالي000 ,0 4 كيلومترا في الساعة) سيعاين تباطؤا في ساعاته مقداره حوالي ثانية كل خمسين عاما. وبعبارة أخرى، رائد الفضاء الذي يسافر بهذه السرعة لمدة خمسين عاما سيكبر بثانية واحدة أقل من معاصريه الذين لم يغادروا الأرض. أما في السرعات التي هي نسبة معقولة من سرعة الضوء، فإن علاوة الزمان التي يكتسبها هذا الرحالة المزمع السفر بين الكواكب ستكون ذات شأن. ففي سرعة منتظمة مقدارها 87٪ من سرعة الضوء، سيكون زمن الرحلة لرواد الفضاء في سفينتهم نصف الزمن الذي تستغرقه هذه الرحلة بتوقيت الأرض. والطيران إلى منظومة من النجوم تبعد عن الأرض بعشرة أعوام ضوئية تستغرق حوالي 11,5 سنة وفق ساعة راصد مقيم على الأرض، ولكن بالنسبة لطاقم سفينة النجوم لن تستغرق الرحلة سوى نصف هذا الوقت، أي 5,75 سنة (مع التغاضي عن أزمنة التسارع والتباطؤ). أما إذا كانت الرحلة بنسبة 99٪ من سرعة الضوء، فسوف تتم فيما يزيد قليلا عن عشر سنوات بتوقيت الأرض، ولن تنقضي على ظهر السفينة سوى 1,4 سنة فحسب. وهكذا إذا أتيحت

لأية رحلة بين النجوم سرعة عالية كافية، فإنها يمكن أن تتم في حدود العمر الطبيعي لأفراد طاقمها. «ثلاثة عشرينات وعشر سنوات» عبارة يمكن أن يكون لها دلالة جد مختلفة في نظر الراصدين الذين يتحركون بحركة سريعة نسبيا.

ولعل أشد الأمثلة إثارة للدهشة على الإمكانيات النظرية للسفر بين النجوم التي هيأها تمدد الزمان، هو ذلك الذي يتيحه النظر إلى سفينة النجوم التي تزن جراما واحدا. فلأن الآثار الطويلة المدى لحالة انعدام الوزن على الجسم البشري مازالت مجهولة، فربما يتطلب الأمر من رواد الفضاء الذين يمكثون في سفنهم أوقاتا طويلة (في محطات الفضاء على سبيل المثال) توليد «جاذبية مصطنعة» artificial gravity. ويستطيعون أن يفعلوا هذا بإدارة محطتهم الفضائية كما يدور المغزل، وبذلك يكتسبون قوة تدفعهم صوب حافة المحطة، وتمنحهم شعورا شبيها بالوزن. وسفينة الفضاء تتسارع حين تشتعل محركاتها. وهذا التسارع يمنح رواد الفضاء الإحساس بالوزن. فلو تسارعت سفينة الفضاء حتى تساوت في سرعتها مع جسم يسقط بالقرب من سطح الأرض (9,8 أمتار في الثانية الواحدة)، فسوف يشعر رواد الفضاء حينذاك بقوة ظاهرة (قوة من قبيل القصور الذاتي) تعادل بالضبط وزنهم العادي على الأرض. والواقع أن قوتهم ستكون غير متمايزة تماما عن إحساسهم بالوزن. وبغض النظر عن المشكلات الفنية الخاصة باحتياطيات الوقود وما شاكل ذلك، إذا استطاعت سفينة فضاء المحافظة على تسارع ثابت لـ 1 جم، فسوف تقع أكثر الأمور إثارة للدهشة. إذ سوف يشعر الطاقم بإحساس دائم بالوزن خلال فترة الطيران مع استمرار تسارعهم. أما فيما يتعلق بالراصدين على الأرض، فإن سرعة سفينة الفضاء سوف ترتفع ارتفاعا كبيرا، بحيث تقترب من سرعة الضوء وإن لم تلحق بها أبدا، بينما سيزداد أثر تمدد الزمان ليصير أكبر فأكبر. وبعد مائة عام من زمان الأرض، ستنقضي خمس سنوات فحسب داخل السفينة، وتكون قد قطعت حوالي سنة ضوئية، بينما تكفي 12 سنة من زمان السفينة لتغطية مسافة تبلغ حوالي 100,000 سنة ضوئية (وخلال هذا الزمن تكون قد مضى على الأرض ما يربو على100,000 سنة) وهي مسافة تعادل قطر مجرتنا. ولا تستغرق الملاحة الكاملة حول محيط مجرتنا 25 سنة تقريبا

بتوقيت السفينة. إذا كان تسارع الطاقم 1 جم في الشطر الأول من الرحلة، ثم تباطأ بهذا المعدل نفسه في الشطر الثاني.

وقد روجع الأثر الذي يترتب على تمدد الزمان تجريبيا بعدد من الوسائل المختلفة. وإحدى النتائج المستقرة منذ أمد بعيد تتعلق بالأشعة الكونية، وهي جزيئات ذرية مشحونة تصل إلى الأرض قادمة من الفضاء، ومازال منشؤها موضع شك. هذه الجسيمات التي ترتطم بالغلاف الجوي للأرض، تولد جسيمات نووية قصيرة الأجل أو لحظية البقاء تسمى الميونات muons (أو «الميوميزونات mu-mesons) ولا تلبث حتى تتحلل في فترة متوسطها حوالي اثنين على مليون من الثانية إذا قيست داخل إطار مرجعي تكون فيه في حالة سكون. وبعبارة أخرى، فإن الزمن الصحيح الذي ينقضي بين تكوينها وانحلالها، وهو الزمن الذي يقاس بساعة تنتقل معها، يكون 2 ميكرو ثانية microseconds(*3) ولما كانت هذه الجسيمات تتولد على ارتفاع عشرة كيلومترات فوق سطح الأرض، حتى على الرغم من تحركها بسرعة تقترب من سرعة الضوء-فإنها تتحلل قبل أن تتمكن من بلوغ سطح الأرض بزمن طويل، هذا لو لم يكن هناك تمدد في الزمان. وبسرعة 000 ,300 كيلومتر في الثانية، وفي اثنين على مليون من الثانية-لن تنتقل هذه الجسيمات إلا 6ر0 من الكيلومتر فحسب. وبسبب سرعاتها الفائقة، فإن أثر تمدد الزمان سيكون كبيرا (أكثر من معامل 10) بحيث يطول أجلها بما يكفي للوصول الى الأرض، وهناك ربما أمكن اكتشافها(*4).

وهذا هو التفسير الذي تقدم به ب.روسي B. Rossi ود. ب. هول 1941 D.B. Hall، ومنذ ذلك الحين تمخضت الاختبارات المعملية التي أجريت على الجسيمات اللحظية عن نتائج مماثلة. وعلى سبيل المثال، خلال تجربة قام بها بيلي Bailey وآخرون في مركز البحوث النووية الأوروبية (CERN) عام 1968، أمكن المحافظة على الميونات وهي تدور داخل حلقة تحت تأثير مجال مغناطيسي بسرعة تصل في حدها الأقصى إلى 5 ,99 ٪ من سرعة

(*3) الميكروثانية جزء من مليون من الثانية (المراجع)

(*4) نستطيع أن ننظر إلى الموقف من وجهة نظر الميون muon على نحو مختلف. ففي هذه السرعة الفائقة يكون انكماش الطول كبيرا بحيث تصبح المسافة التي «يراها» الميون من نقطة تكوينه على الأرض قصيرة بحيث تمكنه من الوصول إليها في أثناء حياته.

الضوء، بحيث يصبح معامل تمدد الزمـان 12 . وتبعا لتنبؤات النظرية فقد وجد أن عمر هـذه الميونـات أكبـر 12 ضعفا من عمر الميونات في حالة السكون. وتأكد هذا الأثر أيضا بتجربة تعد جلية من حيث المبدأ، ولكنها كانت مستحيلة الإجراء من حيث التطبيق قبل تطور الساعات الذرية ذات الدقة الفائقة. ففي عام1971، وفي تجربة أجراها ج. س. هافيل J.C. Hafele ور. كيتنـج R. Keating، وضعت أربع ساعات ذرية مصنوعة من السيـزيوم على طائرات تجارية نفاثة تقوم برحلات زمنية منتظمة حول العالم (في اتجاهات شرقية وغربية للفصل بين الآثار المترتبة على سرعات الساعات وبين الآثار الناجمة عن المجال الجاذبي للأرض) ووضعت الأزمنة التي سجلتها تلك الساعات موضع المقارنة مع الأزمنة التي سجلتها ساعات مرجعية ثابتة في مرصد البحرية الأمريكية واتفقت النتائج مع التنبؤات في حدود خطأ تجريبي مقداره حوالي 10٪.

لاشك في أن تمدد الزمان موجود، ولاشك أيضا في أن راصدا «مقيما»(أي راصد في حالة سكون داخل إطار قصوره الذاتي) يمكن أن يستنتج أن الساعات الموجودة على ظهر سفينة فضاء فائقة السرعة تسير ببطء بالقياس إلى ساعته الخاصة. ولكن، لما لم يكن أي راصد قصور ذاتي يتميز عن أحد غيره، فإن الراصد المتحرك خليق بأن ينظر إلى نفسه باعتباره «مقيما»، وأن يعتبر الراصد الأول متحركا بالنسبة له. وإذا كان الحال على هذا النحو، فإنه سينظر إلى ساعة الراصد الأول على أنها هي التي تسير ببطء. وهذا التماثل بين راصدين كل منهما في حركة بالنسبة إلى الآخر، وكل منهما يرى أن ساعة الآخر تسير ببطء-هذا التماثل يفضي بنا إلى مشكلة تعرف باسم مفارقة التوأمين Twins Paradox أو مفارقة الساعة Clock Paradoxـ وهي مصدر خلط لا مثيل له، كما أنها الصخرة التي تحطمت عليها محاولات كثيرة لفهم النسبية. ولعل خير توضيح للمشكلة أن نتأمل مثالا (قد يصبح فيما بعد مثالا عمليا في المستقبل). تخيل زوجا من التوائم، جون وجين. شرعت جين في رحلة إلى كوكب ناء في سفينة فضاء تسافر بنسبة كبيرة من سرعة الضوء. بينما آثر أخوها جون أن يبقى في البيت على الأرض. وأخذ جون يقيس الوقت الذي تقطعه سفينة الفضاء لبلوغ هدفها و للعودة إلى الأرض. ونظرا لأثر تمدد الزمان، ينقضي الوقت بصورة

أبطأ في سفينة الفضاء، ومدة الرحلة المقيسة داخل السفينة أقل من فترة الزمان الأرضية التي انقضت. وعادت جين لتجد أن شقيقها التوأم جون أكبر منها الآن بعدة سنوات. هذه النتيجة تتفق مع ظاهرة تمدد الزمان، غير أن المفارقة المزعومة تنشأ على النحو التالي. سبق أن قلنا، إن تمدد الزمان (وآثار أخرى نسبية أيضا) متماثل تماما بين الراصدين الذين تتوحد حركتهم النسبية بعضهم إلى البعض الآخر. فإذا كان جون ينظر إلى ساعة جين على أنها تسير ببطء، فإن جين ستنظر إلى ساعة جون على أنها تسير ببطء وبالتالي، بينما تسرع جين مبتعدة عن الأرض، فإن لها كل الحق في افتراض أن الأرض هي التي تتراجع مبتعدة عنها، وأن تستنتج من ذلك أن ساعة جون هي التي تسير ببطء بالنسبة إلى ساعتها. وبالمثل، أثناء عودتها من رحلتها، قد تنظر إلى الأرض على أنها تقترب منها بسرعة بالغة، وهنا سوف تستنتج مرة أخرى أن ساعة جون تجري ببطء بالقياس إلى ساعتها. والنتيجة الجلية ظاهريا هي أنه عندما يلتقي جون وجين مرة أخرى، سيكون جون قد كبر بسنوات أقل من جين وفقا لمعيار جين الزمني، غير أن جين سيكون عمرها أقل من جون وفقا لمعيار جون الزمني. هذه هي المفارقة. كيف يمكن لجين أن تكبر بسنوات أكثر من جون و أقل من جون؟ هذا محال بكل تأكيد. هل يعني هذا أنه لم ينشأ أي اختلاف في عمريهما، على كل حال، أو أن الزمان «المكتسب» في الرحلة إلى الفضاء الخارجي «فُقِد» على نحو ما في رحلة العودة كما افترض البعض؟

والواقع أن هذا اللغز يحل بيسر لأن الرحلة التي وصفناها ليست متماثلة تماما. ذلك أن جين (وهي في سفينة الفضاء) ليس لها أن تفترض أن الأرض هي التي تراجعت عنها ثم عادت إليها، لأن الرحلة إلى الخارج ثم العودة تقتضي تسارعا. فمن الضروري لسفينة الفضاء لكي تعود إلى الأرض أن تبطئ من سرعتها، وأن تتوقف، وأن تدور ثم تتسارع مرة أخرى حتى تصل إلى سرعتها الفائقة[*5]. ومع أن السرعة ليست محسوسة، إلا أن

(*5) لابد لسفينة الفضاء التي تغادر الأرض أن تسارع مبتعدة عن الأرض في مستهل رحلتها، ثم أن تبطئ مرة أخرى لكي تهبط في عودتها إلى الأرض. غير أن المفارقة يمكن أن توضع أيضا في حدود «بداية الطيران»، أي أن تمر سفينة فضاء بالأرض بسرعة عالية تم تعود فيما بعد لتمر بالأرض لا الاتجاه المضاد وبسرعة عالية أيضا.

التسارع محسوس. والمقيمون في صندوق مغلق يشعرون بآثار التسارع، ونحن جميعا على ألفة بهذا عندما نندفع في السيارات أو الطائرات وتزيد أو تبطئ من سرعتها (الانعطاف إلى ركن يشبه أيضا التسارع عند تغيير اتجاه السفر). ولاشك في أن المقيمين في سفينة الفضاء، ومنهم جين، سيدركون أنهم هم، وليس سكان الأرض-الذين أسرعت بهم سفينة الفضاء في نقطة المنتصف من الرحلة. وفي تسارعها الأولى قامت جين بتغيير حالتها من السكون على سطح الأرض إلى إطار مرجعي جديد تكون فيه المسافة التي ينبغي قطعها إلى النجم المستهدف أقل من المسافة المقيسة في إطار الأرض بسبب تقلص الطول. وهكذا تكمل رحلتها إلى الفضاء الخارجي في جزء من الوقت الذي حدده جون للرحلة. وعندما تتوقف عند الهدف(أثناء دورانها للرجوع) تعود مرة ثانية إلى إطار مرجعي تكون فيه المسافة متسقة مع قياس جون، ولكن ما أن تسارع للوصول إلى السرعة المحددة للرجوع، حتى تعود مرة أخرى إلى إطار مرجعي تقل فيه مسافة السفر. وفي النهاية، لاشك في أن رائدة الفضاء جين هي التي كانت أقل سنا من جون الذي لم يغادر الأرض.

فإذا لم يكن ذلك مقنعا كل الإقناع، وإذا راود المرء شيء من الارتياب في أن مثل هذه الأشياء لا تحدث في المجال العملي، فربما أعاننا على الخروج من هذا الموقف مثل خاص مميز. فلنفترض أن المسافة إلى النجم مقدارها عشر سنوات ضوئية، وأن سرعة سفينة الفضاء منتظمة وتبلغ 87٪ من سرعة الضوء (وسنتغاضى عن الزمن الضائع في التسارع والإبطاء) بحيث يكون معامل تمدد الزمان بالقدر الذي يجعل الزمان في سفينة الفضاء يمضي بنصف السرعة التي يمضي بها الزمان هنا على الأرض. وسنفترض أن جون وجين مزودان بالوسائل التي تتيح لهما قراءة كل منهما لساعة الآخر. ولن يكون هذا عسيرا جدا من ناحية التطبيق، إذ يمكن للساعة في كل حالة أن ترسل نبضة لاسلكية أو ضوئية مرة في كل ثانية، وداخل السفينة يمكن أن تقوم الأجهزة بإحصاء النبضات الواردة للحصول على التوقيت المسجل على ساعة الآخر.

وفي أثناء ابتعاد سفينة الفضاء عن الأرض يجد جون المقيد إلى الأرض أن ساعة جين تبطئ في سيرها، حتى مع عدم تمدد الزمان. والفترة الزمنية

بين النبضات المتتالية ستكون أطول من الثانية بتوقيت الأرض. وسبب ذلك بسيط للغاية، ففي الفترة الزمنية بين إرسال نبضتين متتابعتين تكون المسافة بين سفينة الفضاء وبين الأرض قد زادت بحيث تجد النبضة الثانية أن المسافة التي عليها أن تقطعها قد طالت عن مسافة النبضة الأولى، ومن ثم سوف تستغرق وقتا أطول في الوصول، وبذلك تعطي فترة وصول بين النبضتين أكبر من ثانية واحدة. هذا هو المثال التوضيحي لما يعرف باسم ظاهرة دوبلر Doppler التي تقول إن عدد ذروات الموجات Wavecrest في الثانية التي تصل من مصدر متراجع للضوء تكون أقل من عدد الموجات في الثانية المنبعثة من المصدر (وينشأ أثر مماثل مع الموجات الصوتية في الهواء التي ترتفع بها شدة صوت مقترب، على حين أن شدة هذا الصوت نفسه تنخفض إذا كان متراجعا). أما إذا كان المصدر ثابتا، فإن تردد الإشعاع الواصل يكون هو نفسه تردد الإشعاع المرسل، وحين يكون المصدر متراجعا، ينخفض التردد، أما إذا كان المصدر مقتربا، فإن التردد يزداد.

وسيلاحظ جون أن ساعة جين يبدو أنها تسير ببطء، حين تكون الفترة بين النبضتين المتتابعتين الواصلتين من ساعته أطول من ثانية واحدة. وعلى هذا المنوال نفسه ستنظر جين إلى ساعة جون على أنها تسير ببطء مادام تردد وصول النبضات سوف ينخفض. فإذا أضفنا الآن أثر تمدد الزمان، فسنجد أن ساعة جين تسير على نحو أبطأ، مادامت حين تبلغ سرعتها 87٪ من سرعة الضوء سوف تسير بنصف سرعة ساعة جون. وبسبب التماثل في تمدد الزمان، ستقوم جين بهذه الملاحظات نفسها بالضبط بالنسبة لساعة جون. فكل شيء إذن متماثل حتى الآن.

وبسبب تمدد الزمان، تصل جين إلى هدفها بعد 5,75 سنوات بتوقيت السفينة، غير أن الرحلة تستغرق 11,5 سنة داخل الإطار المرجعي، الأرضي وإذا استدارت للرجوع فورا، فإنها سوف تستغرق 5,75 سنوات أخرى في رحلة العودة، وستصل إلى أرض الوطن بعد مرور فترة زمنية مدتها 11,5 سنة بتوقيت السفينة. ومن وجهة نظر جون تكون الرحلة إلى الفضاء الخارجي قد استغرقت 11,5 سنة، ولكن، لما كان النجم المستهدف يبعد عشر سنوات ضوئية، فإنه لن يستقبل الإشارة المرسلة بواسطة ساعة جين عند وصولها إلى الهدف إلا بعد مضي عشر سنوات بعد تلك الحادثة، أي

أن 21,5 سنة سوف تمضي على الأرض قبل أن يعرف جون أن جين لغت هدفها. ولما كانت رحلة العودة تستغرق أيضا 11,5 سنة (بحيث يكون المجموع الإجمالي 23 سنة) فلابد أن يستقبل جون كل الإشارات التي أرسلتها ساعة جين أثناء رحلة العودة في فترة لا تزيد عن 1,5 سنة بتوقيت الأرض.

وخلال رحلة الفضاء الخارجي، يستقبل جون ما ترسله جين من إشارات زمنية تغطي من زمنها 5,75 سنوات، على حين تمتد 21,5 سنة بتوقيت جون الأرضي، أي أن ساعة جين ترى أنها تسير بطيئة بمعامل مقداره 3,8. وفي أثناء رحلة العودة، يستقبل جون ما قيمته 5,75 سنوات من الإشارات في فترة 1,5 سنة فحسب. وهكذا يبدو أن ساعة جين تسوغ بمعامل قدره (3,8 وهنا تقوم ظاهرة دوبلر بأكثر من تعويض الأثر النسبي لتمدد الزمان خلال هذه المرحلة من الرحلة-وتبدو ساعة جين بالأحرى على أنها أسرع وليست أبطأ).

ووفقا لجين، فإنها تصل إلى هدفها بعد5,75 سنوات، ولأن الملاحظات التي تجري في إطاري القصور الذاتي (سفينة الفضاء والأرض) ينبغي أن تكون متماثلة فسنجد أن ساعة جون تسير ببطء بالمعامل نفسه 3,8 (تمدد الزمان بالإضافة إلى ظاهرة دوبلر) خلال هذه المرحلة من الرحلة. والزمن الذي تسجله جين على ساعة جون لحظة وصولها إلى الهدف هو 5ر75 مقسوما على 3,8، أي حوالي 1,5 سنة، وفي رحلة العودة، لابد لها-على سبيل التماثل-أن ترى ساعة جون وقد ارتفعت سرعتها بمعامل 3,8 بحيث أن جين تسجل في5,75 سنوات من الطيران مرور 5,75 سنوات مضروبة في 3,8 مرة، أي حوالي 21,5 سنة على ساعة جون. وهكذا ينبغي أن توافق جين على أن 23 سنة قد تعاقبت على ساعة جون، على حين أن 11,5سنة فحسب هي التي تعاقبت على ساعتها.

وجوهر الموضوع أن ما حدث هو أن الموقف بين جين وجون ظل متماثلا حتى دارت جين على عقبيها. فحتى هذه اللحظة، كان كل منهما يستطيع أن يزعم أن ساعة الآخر تسير ببطء. وما أن استدارت جين حتى استطاعت أن ترى من فورها أن ساعة جون تسير بسرعة، لأنها كانت تطير نحو الإشارات الصادرة عنها. أما جون، فإنه لن يلاحظ-من ناحية أخرى أن ساعة جين أخذت سرعتها في التزايد إلا بعد عشرة أعوام من ارتداد جين

على عقبيها. وسوف يستقبل إشارات«السرعات المتزايدة» لمدة 5ر7 سنة فحسب بالقياس إلى التقاط الإشارات «البطيئة» لفترة تمتد5ر21 سنة. وقد استقبلت جين على فترتين متساويتين الإشارات السريعة والبطيئة من جون، بينما استقبل جون فترات متفاوتة من الإشارات السريعة والبطيئة الصادرة عنها، فمن الواضح أن الرحلة في مجملها لم تكن متماثلة. ولا مفارقة هناك حول تجربة التوأمين، وحول هذه الحقيقة وهي أن جين هي التي جنت فائدة (ثمرة) تمدد الزمان.

وقد تكون كلمة «فائدة» هنا مضللة إلى حد ما. فمن الحق أن جين قد كسبت بمعنى أنها كانت قادرة على إنجاز رحلة فضائية طويلة في نصف الوقت الذي انقضى حين عودتها على الأرض، وأنها قد وصلت إليها دون أن يزيد عمرها إلا بنصف ما زادته أعمار معاصريها الملازمين للأرض. ولكنها لم تختبر سوى 5, 11 سنة من الوجود الواعي. ولكي نضرب مثلا أشد تطرفا، افترض أن لكل من التوأمين مدة حياة طولها سبعون سنة، ولكنهما انفصلا عند مولدهما، وشرعت جين في رحلتها على سفينة النجوم بسرعة 87٪ من سرعة الضوء، ثم قفلت عائدة إلى الأرض في ختام حياتها، على حين مكث جون على الأرض. ووفقا للراصدين الأرضيين، تكون جين قد سافرت في الفضاء 140 سنة، وستعود إلى الأرض بعد أن مضت على وفاة جون سبعون سنة، غير أنه حسب توقيت ساعة جين لم تمر سوى سبعين سنة فحسب، ولم تكن قد عاشت إلا سبعين سنة فحسب. إن تمدد الزمان هو الذي منحها ميزة القدرة على إنجاز هذه الرحلات التي قد تكون مستحيلة التحقيق في حدود عمرها بغير هذه الطريقة، غير أنها لم تمنحها زيادة تدركها إدراكا واعيا في طول عمرها.

هناك فوائد، ولكن هناك أيضا خسائر. فرائد الفضاء الذي يسافر بسرعة تقارب سرعة الضوء بحيث يكون معامل التمدد 100، سيعود إلى الأرض بعد رحلة تبدو له أنها لم تستغرق سوى عشرة أعوام ليجد أن ألف سنة قد انقضت على الأرض، وأنه قد هبط في عالم امتد زمانه ألف عام في المستقبل على العالم الذي كان حين شرع في رحلته. سيكون المجتمع قد تطور وتغير خلال هذه الفترة بحيث لم يعد من الممكن التعرف عليه، ولم يبق أثر للأسرة والأصدقاء الذين تركهم وراءه، بل إن أحفاد-أحفاد-أحفادهم

سيكونون قد قضوا نحبهم ورحلوا إلا إذا حدث تطور في طول العمر لم يكن في الحسبان. وقد يصبح حينذاك مسافرا في الزمان بالمعنى الحقيقي تماما لهذه الكلمة، غير أن سفره في الزمان سيكون في اتجاه واحد فحسب- صوب المستقبل. فهو لن يستطيع الرجوع إلى العالم الماضي الذي عاش فيه معاصروه السابقون. السفر في الزمان ممكن إذن، ولكن في الاتجاه قدما إلى الأمام، وبالقيام برحلة للذهاب والعودة ذات مدة كافية وبسرعة فائقة كافية، يكون من الممكن الرجوع إلى الأرض في أي يوم من المستقبل يقع عليه اختيارك. والعقوبة التي عليك أن تدفعها هي أنها ستكون رحلة بتذكرة في اتجاه واحد. وإذا كانت سرعة الضوء حائلا أساسيا-وهي كذلك على ما يبدو-وإذا كانت قوانين العلة والمعلول صادقة في هذا الكون، فإن رحلات الرجوع إلى الزمان لابد أن تظل مستحيلة. والرحلات إلى المستقبل هي وحدها المسموح بها.

عن التكيونات، والسفر في الزمان، ونظام الحوادث:

افترض عدد من الفيزيائيين أنه قد توجد جسيمات تسافر فعلا بأسرع من الضوء، وهذه الكيانات الافتراضية سميت بـ «التكيونات» tachgons. والآن، تبين النسبية الخاصة بوضوح لا مزيد عليه أنه من المحال أن ينتقل أي جسم مادي بسرعة الضوء، إذ تصبح كتلته في تلك الحالة لا متناهية. فكيف يمكن أن ينتقل جسيم بأسرع من الضوء؟ على أي الأحوال فإنه بمعنى من المعاني لا تستبعد معادلة زيادة الكتلة التي وضعتها النسبية الخاصة إمكانية الانتقال بأسرع من الضوء، ولكنها تمنع فحسب السفر بسرعة الضوء. وقد تحتج بأن هذا وذاك شيء واحد، فإذا كنت تقود سيارتك بسرعة 50 كيلومترا في الساعة، وتريد أن ترفع سرعتك اعلم70 كيلومترا في الساعة، فإنك في مرحلة ما خلال تسارعك ستمر دون جدال بسرعة 60 كيلومترا في الساعة. ومن المؤكد بالمثل-أن الجسيم لكي يسافر بأسرع من الضوء، لابد أن ينتقل في مرحلة ما بسرعة الضوء. وأيا كان الأمر، كيف يكون الموقف بالنسبة لجسيم ينطلق بأسرع من الضوء في المقام الأول؟

خذ مرة أخرى معادلة زيادة الكتلة $m = mo/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$. فـــــإذا

سمحنا لـ v أن تكون أكبر من c، فسيكون لدينا في الخط السفلي الجذر التربيعي لعدد سالب، وهذا ما يسميه الرياضيون بالعدد التخيلي. ولو أننا سمحنا-على كل حال-لكتلة ساكنة أن تكون تخيلية هي أيضا، فإننا نجد إذن أن للجسيم الافتراضي كتلة حقيقية وطاقة[*6] شريطة أن تكون v أكبر من c فإذا كان الجسيم يتحرك بأسرع من الضوء، فإن له كتلة متناهية، وكتلته تنخفض مع زيادة سرعته. فإذا أبطأنا من سرعة التاكيون تزايدت كتلته حتى وإن انخفضت سرعته لكي تعادل بالضبط سرعة الضوء، وفي هذه الحالة فإن كتلته تصير لا متناهية[*7]. التاكيون إذن-جسيم افتراضي لابد له من أن ينتقل دائما بأسرع من الضوء، على حين أن الجسيمات العادية من المادة (التي يمكن أن تسمى تارديونات tardyons) ينبغي أن تنتقل دائما بأبطأ من الضوء. وتظل سرعة الضوء حائلا لا سبيل إلى اجتيازه سواء بالنسبة للتايكونات أو التارديونات، غير أن الجسيمات الأسرع من الضوء تبدو إمكانية نظرية، على أقل تقدير.

ولم تظهر بعد حتى الآن شواهد تجريبية على وجود التاكيونات، وإن كانت بعض النتائج الشاذة في التجارب التي أجريت على الأشعة الكونية التي توصل إليها كل من ر. و. كلاي R. W. Clay وب. س. كراوتش P.C. Crouch من جامعة أديليد عام 1974 يمكن تفسيرها في ضوء التاكيونات. ولكن لو أن التاكيونات موجودة فعلا، ولو أن من الممكن استخدامها لتوصيل المعلومات، فسوف تترتب على ذلك نتائج أشد ما تكون إيغالا في المفارقة، وسيكون لا مفر من التخلي عن أكثر الأفكار رسوخا ألا وهو فكرة أن العلة ينبغي أن تسبق المعلول. وقد رأينا فيما سبق أن هناك ظروفا سيختلف فيها الراصدون الذين يتحركون حركة متسقة نسبية على الترتيب الذي تقع به

(*6) لما كان العدد التخيلي يكتب عادة بوصفه عددا حقيقيا مضروبا بالجذر التربيعي للعدد (-1) أي، $\sqrt{-1}$ وعلي سبيل المثال: ($\sqrt{-4} = \sqrt{-1} \times \sqrt{4}\ \sqrt{-1} \times 2$) ويشار عادة للجذر التربيعي للعدد-1 بالرمز بحيث يكون: $\sqrt{-4} = 2i$ ونستطيع الآن أن نكتب معادلة زيادة الكتلة على هذا النحو $m = mo/i \sqrt{(1-v^2/c^2)}$ (حيث تكون mo هي الكتلة الساكنة) وذلك حتى تقوم i الموجودة في الخط الأعلى بإلغاء i التي في الخط الأسفل شريطة أن تكون v أكبر من c وتكون الكتلة حقيقية

(*7) وهذا يقتضي أن يكون للتاكيون دائما كتلة حقيقية. ومع أننا وصفناه بأن لديه كتلة ساكنة «تخيلية»، وأننا لا نستطيع تصور ما يمكن أن تكون عليه «الكتلة المتخيلة»-مادام ليس في الإمكان أن تخلد إلى السكون-إلا أننا لسنا في حاجة إلى القلق فيما يتعلق «بكتلته الساكنة».

الحوادث، ولكن لو افترضنا عدم وجود (حاملة للمعلومات) يمكن أن تنتشر بأسرع من سرعة الضوء، فإن الراصدين جميعا سيتفقون على الترتيب الذي تقع به الحوادث المترابطة بعلاقة العلية. فلو أن الحادثة أ كانت علة الحادثة ب، فلابد أن يكون ممكنا أن تنتقل إشارة تسير بسرعة الضوء-أو بأقل منها-أن تنتقل من أ إلى ب (وإلا لما استطاعت أ أن تتسبب في وقوع الحادثة ب). ومن معادلة تمدد الزمان، يمكن أن نبين أن الراصدين جميعا الذين يتحركون حركة نسبية متسقة، سوفي يتفقون على ترتيب الحوادث وقد يساعدنا مثل خاص على هذا التوضيح. أطلق صاروخ نسبي relativistic projectile (أي تزيد كتلته الحركية عن كتلته السكونية لسرعته الفائقة) بسرعة تعادل 87٪ من سرعة الضوء من محطة فضاء صوب هدف تمكن من تدميره. ويرى طاقم محطة الفضاء بوضوح أن الانفجار حدث بعد الإطلاق، وقاموا بتسجيل الفترة الزمنية المنقضية بين الحادثتين. وفي اللحظة التي أطلق فيها الصاروخ، عبرت سفينة فضاء تتحرك في الاتجاه نفسه متجاوزة المحطة، وبسرعة الصاروخ نفسها. ومن ثم، فإن طاقم سفينة الفضاء الذي كان حاضرا أثناء وقوع الحادثتين، وبسبب تمدد الزمان، سوف يسجل فترة زمنية بينهما تعادل نصف الفترة الزمنية التي سجلها طاقم محطة الفضاء (مع إضافة الزمن الذي يستغرقه ضوء الانفجار للوصول إليه). وهنا، لن يتفق الطاقمان على مقدار الفترة الزمنية، ولكنهما سوف يتفقان على وقوع الانفجار عقب إطلاق الصاروخ. وهكذا تسبق العلة المعلول في كل من الإطارين المرجعيين.

ولن تدعو الحاجة إلى الحفاظ على ترتيب الحوادث إذا كان من الممكن إرسال الإشارة بأسرع من الضوء، فإذا أرسلت إشارة تفوق سرعتها سرعة الضوء من أ لإطلاق حادث عند ب، فإن راصدا متحركا يمكن أن يستنتج أن الحادث ب سبق الحادث أ، أي أن المعلول يسبق العلة، وكل ما هو مطلوب هو أن تكون سرعة الإشارة الفائقة السرعة أكبر من c^2/v، حيث تكون v هي سرعة الراصد المتحرك بالنسبة لراصد تسبق، في إطاره المرجعي، الحادثة أ الحادثة ب. وفضلا عن ذلك، إذا أمكن إرسال إشارة من النقطة أ إلى النقطة ب بحيث تصل إلى النقطة ب قبل مغادرة أ (وهو الموقف الذي وصفناه من فورنا)، فقد يكون من الممكن إرسال إشارة من النقطة ب إلى

النقطة أ بحيث تصل إلى أ قبل مغادرة ب. ومن الممكن تدبير موقف تصل فيه الإشارة العائدة من ب إلى أ قبل أن تغادر الإشارة الأصلية أ. هذا الموقف يثير مفارقة بشعة فلن يكون في الإمكان بالنسبة لراصد في أن يكون على معرفة مسبقة بحادثة ستقع هناك في المستقبل. غير أنه-مسلحا بهذه المعرفة-يستطيع أن يتخذ الخطوات التي تحول دون وقوع هذه الحادثة. تخيل أن هذا النمط الأصلي للعالم المجنون قد أنشأ جهازا يدمر العالم، ولكنه-حين يضغط على الزر، وحين يضغط على الزر فحسب، يطلق إشارة أسرع من الضوء. ولن يتخلى عن خطته الشيطانية لتدمير العالم إلا إذا استقبل إشارة تسبق ضغطه على الزر. والمفارقة هنا واضحة: فهو لن يتخلى عن خطته إلا إذا تلقي الإشارة، ولكنه لكي يتلقى هذه الإشارة ينبغي عليه أن يمضي قدما في تنفيذ خطته!

هذا بالضبط هو نوع المفارقة الذي ينشأ لو كانت التاكيونات موجودة ومن الممكن استخدامها لنقل المعلومات. فلو كانت أجهزة إرسال التاكيونات واستقبالها يمكن أن تستخدم لتبادل الرسائل بين مختلف الراصدين، فإنه يكون من الممكن إذن استعمالها للإشارة إلى راصد معين بمعلومات عن حوادث تقع في مستقبله، أو بصيغة أخرى، يكون من الممكن حينئذ لشخص ما أن يرسل إشارة في ماضيه الخاص. العلة يمكن أن تسبق المعلول، وسوف تنشأ طائفة من المتناقضات المنطقية. هذه الصعوبات المنطقية ليست بحاجة إلى استبعاد إمكانية وجود التاكيونات، شريطة ألا يكون من الممكن استخدامها لنقل المعلومات.

وهذا الضرب نفسه من المفارقات يمكن أن ينشأ إذا تمكن الأفراد جسمانيا من السفر القهقري في الزمان، وممارسة التأثير على الأحداث الماضية. إذ يستطيع المسافر في الزمان أن يعود إلى الحقبة المناسبة في الماضي وأن يتخذ من الخطوات ما يحول دون ولادته! وإذا عن له في نوبة اكتئاب ألا يكون قد ولد أصلا، عندئذ سيكون قادرا على تحقيق رغبته، ولكن كيف يستطيع أن يعود إلى الوراء ليمنع ولادته.

وتحاشيا لمثل هذه المتناقضات المنطقية، علينا أن نقبل أن إرسال الإشارات الأسرع من الضوء، وتوصيل المعلومات من المستقبل إلى الماضي، والسفر الزماني في الماضي-كل هذا محظور نتيجة للطريقة التي أنشئ بها الكون.

والسفر في المستقبل البعيد للأرض ممكن بالنسبة لرواد الفضاء المنطلقين بسرعة تقارب سرعة الضوء وذلك بسبب تمدد الزمان، غير أن العملية العكسية ليست ممكنة. هناك إذن لا تماثل أساسيا في طبيعة الزمان: فنحن نستطيع أن نتذكر الماضي، ولكننا لا نستطيع أن نتلقى معلومات من المستقبل، والماضي يمكن أن يؤثر في المستقبل، غير أن المستقبل لا يمكن أن يؤثر في الماضي. وسنعود إلى هذه المشكلة عن طبيعة «الاتجاه الواحد» للزمان فيما بعد في هذا الفصل.

الزمكان (متصل الزمان-المكان)

تعودنا في تجربة الحياة اليومية أن نفكر في عالم ذي أبعاد ثلاثة. فللأشياء الصلبة (أو الجوامد) طول وعرض وارتفاع، وكل من هذه المقادير يقاس بزوايا قائمة على سطح البعدين الآخرين. ونستطيع-كما رأينا-أن نصف الموقع في المكان، أو أبعاد الجسم الصلب بالرجوع إلى النظام الديكارتي للأحداثيات الذي يقيس المسافات في ثلاثة اتجاهات متعامدة بالتبادل (الطول والعرض والارتفاع، أو (X,Y. Z). ونستطيع أن نتصور الأشياء الممتدة مكانيا في ثلاثة أبعاد، كما نستطيع أن نتصور موقعا Locatim معينا في المكان ذي الأبعاد الثلاثة. وعلى سبيل المثال، نستطيع أن نحدد موقع مكتب معين في مبنى إدارة متعددة الطوابق بأن «نصعد»، وأن نمشي «بالطول»، وبأن «نعبر»، فنستقل المصعد للطابق الصحيح، ونسير بطول الدهليز، ثم ننعطف شمالا أو يمينا عند الباب المناسب. ومهما يكن من أمر، فإن الغالبية العظمى منا تظاهر نيوتن، وتنظر إلى الزمان بوصفه شيئا متميزا عن المكان ولا يرتبط به، شيئا ينساب قدما إلى الأمام بسرعة منتظمة.

ومع ذلك، فإن فكرة النظر إلى الزمان بوصفه بعدا رابعا، شبيها على نحو ما بأبعاد المكان، لا ينبغي أن تصدمنا حقا بغرابتها. فللأشياء المادية- على كل حال-طول وعرض وارتفاع، كما أنها توجد لفترة متناهية من الزمان. الكعكة الطازجة التي أنضجها الفرن حالة تدخل في موضوعنا، فإن لها أبعادا مكانية متناهية، وعندما تخرج من الفرن لتوضع على المائدة، تكون مدتها اللاحقة في الزمان محدودة تماما! فالأشياء المادية-مثل الكعك والناس والنجوم والكواكب جميعها سواء-لها أبعاد متناهية في المكان وأبعاد متناهية

في الزمان إذن فمن المعقول تماما أن نفكر في الزمان بوصفه بعدا رابعا.

ومن اليسير علينا أن نتصور الزمان على أنه بعد رابع يتميز بطابع خاص به، وعلى أنه مستقل تماما عن أبعاد المكان الثلاثة. والشيء الذي لا يبدو جليا على الفور هو الاعتماد المتبادل interdependenc بين الأبعاد الأربعة الذي ينشا عن وجهة النظر النسبية. وكان عالم الرياضيات الروسي هرمان منكوفسكي-Her man Minkowski هو أول من صرح بوضوح بهذه العلاقة الحميمة في عام 1908. وبعباراته الخاصة يقول: «ومن ثم، فإن المكان بذاته، والزمان بذاته، محكوم عليهما بالتلاشي إلى مجرد ظلال، غير أن نوعا من الاتحاد بين الاثنين هو وحده الذي يبقى في واقع مستقل.»

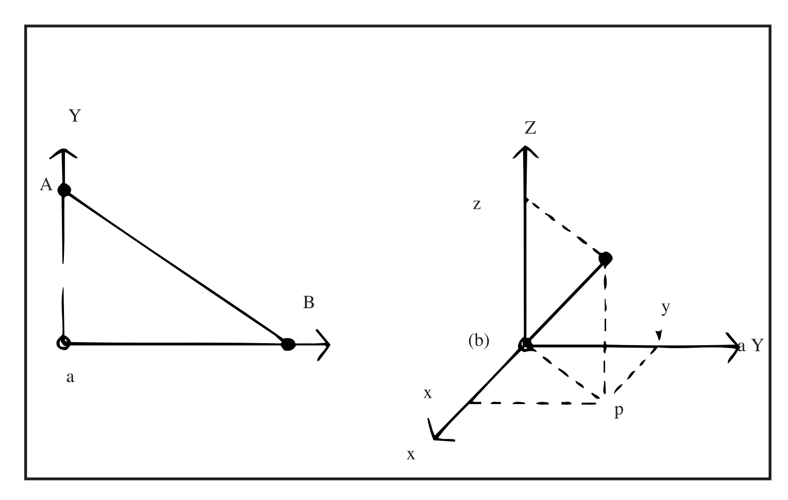
وفي النظرة ما قبل النسبية pre-relativistic للكون، كانت المسافات المكانية (كالطول مثلا) والفترات الزمانية كميات مطلقة، وعلى هذا لم تكن تتأثر بالحركة المتسقة النسبية للراصدين.، ولكن الأمر ليس كذلك، وفقا للنسبية الخاصة، كما رأينا آنفا: فالمسافات المكانية تتأثر بتقلص الطول كما تتأثر الفترات الزمنية بتمدد الزمان. والراصدون المختلفون لن يتفقوا على الأطوال والأزمنة. وبين منكوفسكي أنه من الممكن تعريف فترة ما بالزمكان ذي الأبعاد الأربعة بحيث يتفق عليها راصدو القصور الذاتي جميعا (أي جميع الراصدين الذين يتحركون حركة نسبية مطردة). وسوف يتفقون-بالمثل- على الامتداد في الزمكان للجسم المادي. وسيختلف الراصدون على الامتداد في الزمان، والامتداد في المكان، غير أنهم سيتفقون على نوع من الاتحاد أو التركيب المناسب منهما. فالامتداد الزمكاني لشيء ما، أو الفترة الزمكانية بين حادثين، كانت كمية مطلقة في زمكان منكوفسكي. وسيرى الراصدون الذين يتحركون حركة مطردة نسبية أن الاسقاطات المختلفة لهذه الفترة الزمكانية في المكان والزمان، متوقفة على سرعاتهم، أما الاسقاطات الأكثر أو الأقل من ذلك في المكان فسوف ترتبط باسقاطات أكثر أو أقل في الزمان.

هذا النوع من الأفكار مألوف لنا فيما يتعلق بالأشياء المادية، إذ تتخذ الأشياء أشكالا ظاهرية مختلفة تتوقف على زاوية النظر إليها. وعلى سبيل المثال يمكن أن يظهر صندوق مستطيل على أنه مثلث الأضلاع إذا نظرنا إليه من جانب، غير أنه يظهر بوصفه مربعا إذا نظرنا إليه من أحد أطرافه.

وبالنظر إلى هذه الفكرة عن كثب (الشكل رقم 29أ) فلنفكر في الخط الذي يمتد من النقطة «(A)» على المحور العمودي (أو «y>) إلى النقطة B على المحور الأفقي («x»). هذا الخط طوله AB، غير أن إسقاطه على المحور x هو OB وإسقاطه على المحور y هو OA. ونظرية فيثاغورس-التي لازمت الكثيرين منا طوال أيام الدراسة-تخبرنا بأن المربع القائم على وتر المثلث القائم الزاوية يساوي مجموع المربعين القائمين على الضلعين الآخرين أي أن $AB^2 = OB^2 + 0A^2$(حيث تدل AB على طول الخط AB، الخ). والمسافة ذات الأبعاد الثلاثة يمكن أن توصف على نحو مماثل. ومن ثم، فإن المسافة OP في الشكل (29 ب) تعطي هذه المعادلة $op^2=0x^2+oy^2+oz^2$ أو إذا نظرنا إلى P باعتبارها نقطة لها الإحداثيات x, y, z، إذن فإن$op^2= x^2+y^2+z^2$.

ونحن لا نستطيع بالطبع أن نتصور موقفا ذا أربعة أبعاد، غير أن منكوفسكي استطاع أن يبين أنه إذا كانت فترة الزمكان،S، بين حادثين قد وصفت بهذه المعادلة: $s^2= c^2 t^2 - (x^2+y^2+z^2z)$، حيث تدل c على سرعة الضوء، فإن جميع راصدي الحركة المطردة النسبية سيصلون إلى نفس قيمة S من مقاييسهم لكل من t, x, y, z. والشطر الأول من الجانب الأيمن للتعبير يمثل «الإسقاط» الزمني للفترة، بينما يشير الشطر الثاني إلى «الإسقاط» المكاني. فإذا وصفت فترة الزمكان على هذا النحو، فإن قيمتها لا تتأثر على الإطلاق بتحول لورنتس، حتى لو كانت القيم الفردية للشطرين الزماني والمكاني قد قامت الحركة النسبية بتعديلها:

وأطلق منكوفسكي على نقطة في الزمكان اسم النقطة-العالم-world-point، وكان يمثل تاريخ حياة جسيم ما بخط في الزمكان يسمى الخط-العالم world-line، ومثلت الأجسام الممتدة بمسالك-العالم world-tubes. وكان من رأي منكوفسكي أن القوانين الفيزيائية يمكن أن تمثل بالعلاقات القائمة بين خطوط-العالم الخاصة بالجسيمات. ووفقا لهذا الرأي، كان الزمان يرى على أنه مماثل للمكان. والمجموع الإجمالي لكل نقاط-العالم الممكنة تؤلف ما أطلق عليه منكوفسكي اسم «العالم». وللعالم الرباعي الأبعاد طبيعة مطلقة، ذلك أن جميع الراصدين في الحركة المطردة النسبية سوف يتفقون على فترات الزمكان بين نقاط-العالم. وهذا الرأي يعد-من الناحية الفلسفية-علامة على وجهة نظر أساسية جديدة تماما. ففكرة انسياب



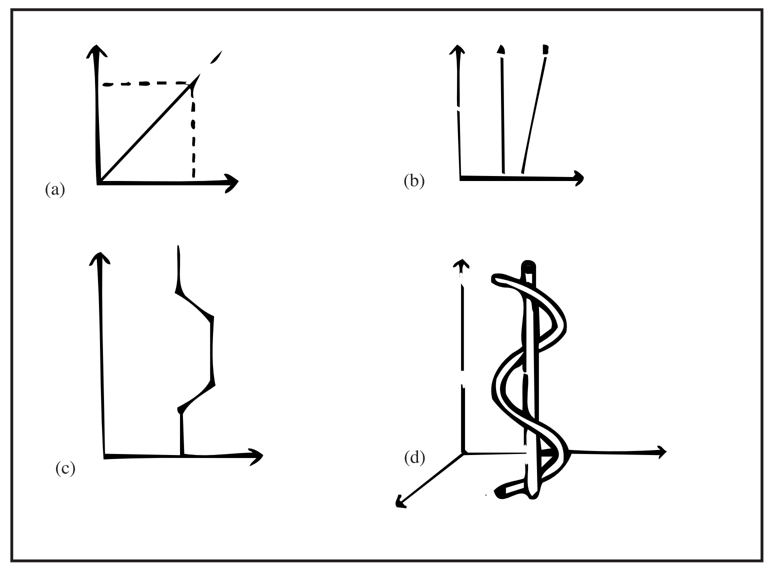
شكل (29)

الزمان لا معنى لها في الزمكان ذي الأبعاد الأربعة: فالزمكان «موجود»، هذا كل ما في الأمر، وهو لا ينساب ولا يتغير. وكل الحوادث الممكنة توجد في الزمكان، ونحن كأفراد يتصادف أن نلتقي بهذه الحوادث، ومضى الزمان- الذي نعيه على هذا النحو-الحاد يبدو مجرد سمة من سمات شعورنا. والحوادث نفسها لا تمضي خلال الزمان، والزمان لا ينساب عبر الحوادث، و «الآن» الكلية مفهوم يخلو من المعنى.

وتلقف آنيشتين هذه النظرة الرباعية الأبعاد للعالم، من حولنا، ذلك لأن النسبية الخاصة تنطوي بوضوح على فكرة أن خصائص المكان والزمان لا يمكن النظر إلى بعضها بمعزل عن البعض الآخر.

وعلى الرغم من أننا لا نستطيع أن نتصور في أربعة أبعاد، ولا نستطيع أن نرسم الزمكان ذي الأبعاد الأربعة على قطعة من الورق ذات بعدين إلا أننا نستطيع مع ذلك أن نقدم عرضا توضيحيا ملائما باللجوء إلى رسم بياني للزمان (شكل 30 a) نقيس فيه المسافة في المكان أفقيا، ويقاس الزمان رأسيا. ومن الملائم عادة تسوية المقاييس الأفقية والرأسية بحيث تكون للثانية الواحدة المقيسة رأسيا نفس الطول الذي مقداره 000 ,300 كيلومتر مقيسا بالمقياس الأفقي. ولما كانت سرعة الضوء 000 ,300 كيلومترا في الثانية، فهذا معناه أن خط-العالم لشعاع من الضوء يمثله خط مستقيم

عند زاوية 545 بالنسبة للرأسي (أي أنه بعد ثانية واحدة من الزمان، يكون الشعاع قد قطع مسافة في المكان قدرها 000 , 300 كيلومتر). وفي مثل هذا الرسم البياني، يمثل خط-العالم لجسيم ثابت بخط رأسي مستقيم (أي أن موقع الجزيء لا يتغير بتغير الزمان)، وخط-العالم لجسيم يتحرك بسرعة ثابتة يثار إليه بخط مستقيم مائل بزاوية على محور الزمان (شكل 30 ب) ولما لم يكن هناك شيء مادي ينتقل بسرعة الضوء، فإن خطوط-العالم للجزيئات المادية ينبغي أن تكون ممثلة بزاوية تقل عن 45° بالنسبة للرأسي في رسم بياني كهذا.



شكل (30)

والشكل 30 c يصور خط-العالم لجسيم ساكن أصلا، ولكنه يتحرك بعد ذلك إلى موقع آخر في المكان، ليستقر فيه هنيهة ثم يعود بعدئذ إلى موقعه الأصلي، ولعله يمثل يوما في حياة من يستخدم جواز انتقال ذهابا وعودة يوميا! أما مسالك-العالم للأرض والشمس فهي موصوفة في الشكل 30 d.

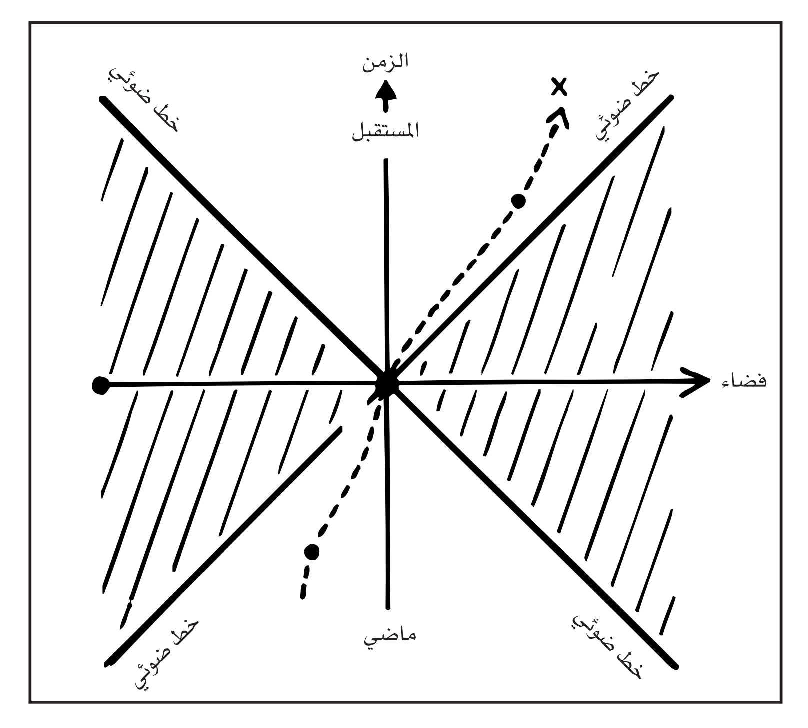
نستطيع أن نستخلص شيئا مثيرا إلى حد ما من رسمنا البياني للزمكان (شكل 31) إذا رسمنا في خطوط-العالم للأشعة الضوئية من نقطة-العالم p وليمتد في المستقبل، وإذا مددناها أيضا راجعة إلى الماضي. ولما لم يكن

هناك شيء مادي أو جسيم يمكن أن يبلغ سرعة الضوء، فإن خط-العالم لأي جسيم يكون موجودا عند p لابد أن يقع داخل نطاق خطوط-الضوء (أو داخل مخروط الضوء أثناء تخطيطنا للرسم البياني). وبدون تجاوز سرعة الضوء فإن راصدا موجودا في p يستطيع فيما بعد أن يكون حاضرا في أي حادث لاحق في النصف العلوي من مخروط الضوء، كما يمكنه أن يكون حاضرا في أي حادث يقع في النصف السفلي من المخروط. ولما كان من الممكن أن ترتبط p بأية نقطة داخل مخروط الضوء بواسطة إشارة تنتقل بسرعة أقل أو مساوية لسرعة الضوء. فإن كل الراصدين في الحركة المتسقة النسبية سوف يتفقون على ترتيب الحوادث بالنسبة ل p والتي تقع داخل نطاق المخروط. وداخل مخروط الضوء المقبل يمثل المستقبل المطلق لp(أي مجموع الحوادث الممكنة كلها التي يستطيع راصد قائم عند p أن يحضرها بالتالي).

أما داخل مخروط الضوء الماضي فيمثل الماضي المطلق p (أي جميع تلك الحوادث الممكنة التي كان من الممكن لراصد أن يحضرها إذا كان حاضرا الآن عند P).

والمنطقة التي توجد خارج المخروط هي ذلك الجزء من الزمكان الذي لا يمكن أن يبلغه راصد كان حاضرا عند p مادام من غير المتاح له أن يتجاوز سرعة الضوء. وبالمثل، ليس في الإمكان أن يمارس p أي تأثير عليّ causal على أي حادث يقع في المنطقة الخارجية، والعكس صحيح، إذا لا يمكن أن يمارس أي تأثير عليّ على p بواسطة أي حادث Q يقع في تلك المنطقة. وفضلا عن ذلك، لا سبيل إلى انتقال أي تأثير على أو سببي بين R,Q، لأن هذا أيضا يتطلب إشارة تنتقل بأسرع من الضوء إذ أن الحوادث التي تقع خارج مخروط الضوء لا سبيل إلى ربطها برابطة العلية بـ P، فلن يتفق الراصدون المختلفون في الحركة النسبية المطردة على ترتيب هذه الحوادث، وقد نظرنا فعلا في موضع سابق من هذا الفصل إلى مثال للظروف التي تكون فيها عملية عكس الزمان ممكنة.

وعكس ترتيب الحوادث التي لا تمارس أي تأثير على بعضها على البعض الآخر لا يسبب لنا أية مشكلات من حيث أننا لا نواجه بموقف النتيجة التي تسبق العلة. وعلى كل حال، لو كانت التاكيونات موجودة، وفي استطاعتها



المخروط الضوئي والمستقبل والماضي المطلقين. الخطوط العالمية لأشعة الضوء عبر النقطةP تمتد إلى المستقبل ويجرى تعقبها إلى الماضي. وإن جسيما ماديا، أو مراقبا، عندP لابد وان يكون في المستقبل ضمن خطوط الضوء (إذ لا يستطيع الحركة بسرعة الضوء)، لابد وأنه في الماضي كان قائما بين خطوط الضوء (للسبب نفسه)؛ والنصف العلوي من المخروط الذي شكله الضوء يميز معالم المستقبل المطلق للجسيم الموجودة عند P ويحدد النصف الأدنى ماضيها المطلق. وإن الخط العالمي لجسيم بذاته يشار إليه بالخط. ويلاحظ أن جميع المراقبين الذين يتحركون حركة منتظمة وموحدة سوف يتفقون على ترتيب الأحداث: التي تقع على طول هذا الخط العالم حتى وان لم يتفقوا بشأن الفترات الزمنية الفاصلة بينها. وتمثل المساحة المظللة منطقة الزمان الفضائي الذي لا يمكن أن يصل إليه أي جسيم أو مراقب موجود عند P. والحدثان لا يمكن أن يؤثرا علىP أو على أحدهما الآخر. إذ لكي يكون لهما هذا الأثر لابد وأن يرتبطا بإشارة أسرع من الضوء، والتي يمثلها في هذه الحالة خط يميل عن الخط العامودي بـ 45^{o}.

أن تتفاعل مع المادة العادية على نحو تقوم فيه بتوصيل المعلومات أو ممارسة التأثير، فإننا هنا نواجه مشكلات. وفي هذه الحالة قد يكون من الممكن لحادثين لا يتبعان أي ترتيب زمني محدد كما يراهما راصدون في الحركة النسبية المطردة، أن يؤثر كل منهما في الآخر، حيث أنهما يرتبطان

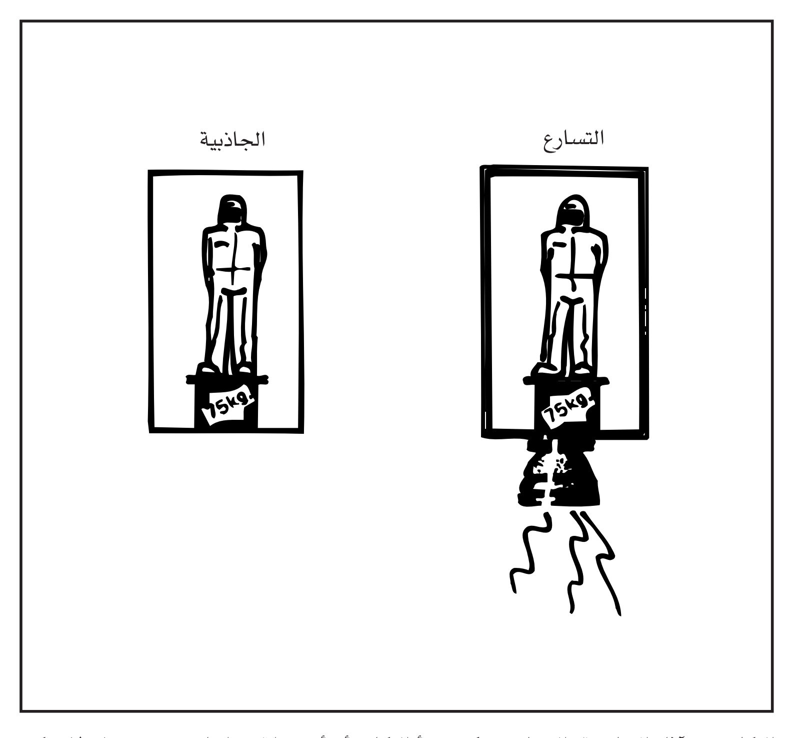
بإشارة أسرع من الضوء. ويؤدي هذا-كما رأينا فعلا-إلى المفارقة التي تجعلنا من الممكن أن نعرف نتيجة حادث ما قبل أن يقع، وأن نتخذ الخطوات التي تحول دون وقوعه-وهذا تناقض منطقي واضح. ولا مندوحة لنا-كما لاحظنا-عن أن نفترض مؤقتا أنه حتى لو كانت التاكيونات موجودة، فليس من الممكن استخدامها لنقل معلومات بأسرع من الضوء. وإذا كان لابد للعلة أن تسبق المعلول دائما، إذن فلن يكون من الممكن قيام أي «قناة توصيل فضائية فرعية» بين سفن النجوم و«قاعدة النجوم».

ومن ثم، فإن مخروط الضوء يعمل على تقسيم الزمكان كله إلى منطقتين متمايزتين: المنطقة داخل المخروط والتي يمكنها الوصول إلىP، والمنطقة الخارجية التي يتعذر وصولها إلى P. والحوادث التي تقع داخل المخروط يمكن أن تؤرخ دون لبس بأنها تقع «قبل» P أو «بعدP»، على حين أن الحوادث التي تقع خارج المخروط، ليس لها ترتيب زمني محدد. وخطوط-العالم الصادرة من P إلى نقاط داخل المخروط تسمى «شبه زمانية»، لأن الشطر الزمني من الفترة(*8) (أو الفاصل) بين حادثين على خط-العالم أكبر من الشطر المكاني، وتسمى مسارات الأشعة الضوئية صفر null(إذ لما كان الشطران المكاني والزماني متساويين، فإن الفترة بين نقطتين على خط الضوء تكون صفرا)، والمسارات الافتراضية التي تقع خارج المخروط تسمى شبه مكانية، لأن الشطر المكاني من الفترة أكبر من الشطر الزماني والجسيمات المادية لا تسلك إلا المسارات شبه الزمانية.

النظرية النسبية العامة:

رأينا فيما سبق أن النسبية الخاصة تجسد فكرة أن خصائص المكان والزمان لا يمكن النظر إليها بمعزل بعضها عن البعض الآخر. غير أن النسبية الخاصة مقصورة في قابليتها للتطبيق على الراصدين في حالة

(*8) فترة (أو فاصل): interval قمنا آنفا (بتعريف الفترة الزمكانية s بالمعادلة $s^2 = c^2 (x^2+y^2+z^2)$ $t2-$ والشطر الأول الذي يقع على الجانب الأيمن هو الشطر الزمني، والثاني هو الشطر المكاني، فإذا كانت المسافة $\sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$. أقل من المسافة Ct التي يمكن أن يقطعها شعاع من الضوء في زمن t إذن فإن S تكون أكبر من الصفر، ويكون خط
-العالم شبه زماني.



التكافؤ بين آثار الجاذبية والتسارع. يؤكد مبدأ التكافؤ أن أي مراقب داخل صندوق مغلق لا يمكنه أن يمايز بين آثار الجاذبية والآثار الناجمة عن تسارع الصندوق المغلق. مثال ذلك أن رجلا داخل صندوق على ظهر الأرض يقف فوق ميزان زنبركي يسجل أن وزنه 75 كجم. أ-يمكن أن ينطلق في الفضاء داخل صندوق يتسارع بسرعة منتظمة بمعدل مكافئ للتسارع الناجم عن الجاذبية على سطح الأرض (81, 9 مترا في الثانية لكل ثانية). وبالنسبة للحالة (ب) سوف يسجل الميزان الزنبركي أيضا أنه بضغط عليه بقوة 75 كجم وسوف يكون لديه إحساس بالوزن تماما وكأنه على سطح الأرض.

القصور الذاتي، أي على الراصدين الذين يتحركون حركة نسبية متسقة. ولكي يتحرك جسم ما بسرعة متسقة، فلابد له من أن يتحرر من تأثير القوى جميعا، وذلك لأن القوى تولد التسارعات. وبالأخص، تتأثر جميع الأجسام بالجاذبية، ولا وجود لمكان في الكون تغيب عنه مؤثرات الجاذبية غيابا تاما. ومع التحرك بعيدا عن الأرض قد ينخفض تأثير جاذبية الأرض إلى أقل قيمة نريدها، ولكنها لا يمكن أن تنخفض إلى درجة الصفر. وعلى كل حال، فإننا أثناء تحركنا بعيدا عن الأرض، نظل خاضعين لتأثير الشمس

الجاذبي. وإذا ابتعدنا بما فيه الكفاية عن الشمس، يمكن أن نجعل جاذبيتها كما ضئيلا للغاية، غير أننا نجد أنفسنا مازلنا خاضعين للتأثير الجاذبي العام للمجرة. وهكذا دواليك. النسبية الخاصة إذن لا تكون صحيحة حقا إلا في غياب الجاذبية، ولا تعدو أن تكون نظرية تقريبية حيث تكون الجاذبية حاضرة. والواقع أن الجاذبية-الآن-في معظم الظروف أقرب إلى أن تكون قوة ضعيفة، والنسبية الخاصة تحظى بنجاح باهر، فمن المؤكد أنها أكثر إرضاء من الميكانيكا النيوتونية، وأنها في ذاتها صالحة بما فيه الكفاية لمعظم الأغراض العملية. ومع ذلك، كان آنيشتين يرغب في أن يتوسع في النسبية بحيث تشمل الراصدين المتسارعين-أي الراصدين الخاضعين لقوى-وهكذا قام بهذا التطوير للنظرية النسبية العامة التي تكشفت، بعد أن نشرها عام 1915، عن نظرية في الجاذبية أرقى من نظرية نيوتن. نظرية نيوتن ملائمة تماما لـ 99, 99٪ من التطبيقات، غير أن هناك مواقف يكون فيها قانون الجاذبية القديم قاصرا، وهنا فحسب تدخل النسبية العامة معلنة حقها ومكانتها.

وتخطو النسبية العامة بمفهوم الزمان المتحول-كما سنرى-إلى مرحلة أبعد، ولكن دعنا أولا نلقي نظرة على أسس هذه النظرية الهائلة. والمبدأ الأساسي الجديد الذي استقرت عليه هذه النظرية هو مبدأ التعادل principle of lence-equiva الذي أعلنه أينشتين عام 1907، أي قبل نشر النظرية العامة كاملة بأعوام ثمانية. ويؤكد هذا المبدأ أنه لا سبيل إلى التمييز-محليا-بين آثار الجاذبية وتلك الآثار التي يولدها التسارع. فالراصد الذي يقبع في صندوق موصد لن يكون قادرا على أن ينبئ إن كان شعوره «بالوزن» ينشأ من أن الصندوق مستقر على سطح الأرض حيث يكون خاضعا لجاذبية الأرض، أو لأنه بعيد في الفضاء، بعيد عن أي جسم جاذب، في صندوق تتزايد سرعته (ربما كان ذلك بمحرك صاروخي مرتبط به). فالقوة التي يعانيها يشعر بها شعورا واحدا في الحالتين، وليس هناك قياس يستطيع أن يقوم به داخل الصندوق بحيث يتيح له أن يعرف الفرق بينهما.

هذا المبدأ امتداد للتناسب الملحوظ بين الكتلة الجاذبة وكتلة القصور الذاتي. وقد ذكرنا فيما سبق قوانين نيوتن للحركة. وينص القانون الثاني لنيوتن، على أن التسارع a الذي تحدثه قوة f في جسم كتلة m نحصل عليه

بهذه المعادلة a = F/m، فالتسارع يساوي القوة المستخدمة مقسومة على كتلة الجسم المتسارع. و«الكتلة» في هذا السياق هي مقياس مقاومة الجسم للتسارع، أي لقصوره الذاتي، ومن ثم يعرف بـ «كتلة القصور الذاتي» inertial mass.

ووفقا للجاذبية النيوتونية، فإن كتلةm وكتلة M تجتذب كل منهما الأخرى بقوة تساوي GmM/d^2 حيث تكون G هي الثابت الجاذبي وd هي المسافة بين الجسمين. والكتلة في هذه الحالة تكون بمثابة مقياس لـ «كمية الجاذبية» التي يملكها الجسم، وهي مماثلة لكمية الشحنة الكهربية التي يملكها الجسم المشحون كهربيا. والشيء العجيب الآن هو أنه بينما يستطيع جسم ما أن يمتلك-في حدود المعقول-أي مقدار من الشحنة الكهربية بحيث يكون لتسارعه في مجال كهربي مقادير مختلفة تتوقف على مقدار الشحنة، فإن جميع الأشياء المادية-أيا كانت كتلها الجاذبة-تتسارع بنفس المقدار بالضبط في مجال الجاذبية. فالأجسام الثقيلة تسقط بنفس التسارع الذي تسقط به الأجسام الخفيفة. وهذه نتيجة أثبتها جاليليو تجريبيا (وهناك قصة-منتحلة في أغلب الظن-تقول إنه برهن على ذلك على الملأ بأن أسقط أوزانا مختلفة من برج بيزا المائل، مبينا أن الأثقال المختلفة تستغرق وقتا واحدا للوصول إلى الأرض)، كما يمكن للقارئ أن يبرهن عليها إذا أسقط أحجارا ثقيلة وحبات خفيفة من الحصى، وراقب ما تتمخض عنه التجربة.

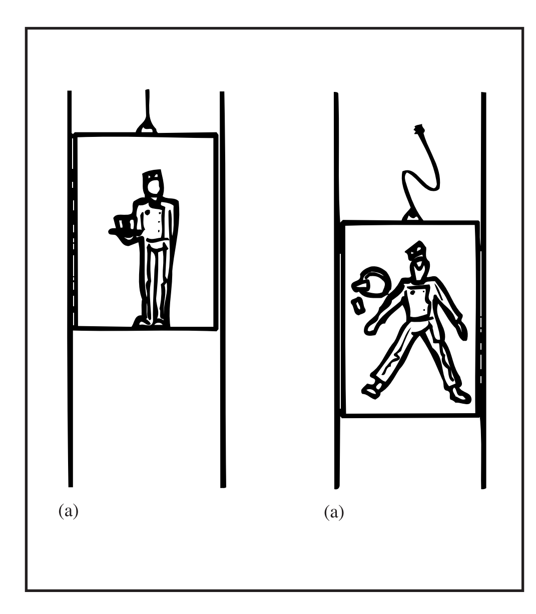
وقد يبدو هذا، في ظاهره، نتيجة مثيرة للدهشة، وقد نجد من يجادل بأن هذه التجربة لن تنجح في حالة استخدام بالون أو ريشة أو حصاة، لأن الحصاة سوف تسقط بأسرع مما يسقط كل من الشيئين الآخرين. ومع ذلك، فإن هذا الاعتراض ليس صحيحا، ذلك لأن مقاومة الغلاف الجوي للأرض هو الذي يبطئ حركة البالون أو الريشة. وقد أجرى برهان درامي عام لهذه المسألة على سطح القمر خلال رحلة أبو للو 15. فقد وقف رائد فضاء أمام كاميرات التلفزيون وأسقط ريشة ومطرقة جيولوجية: وكما كان متوقعا، ارتطمت كل منهما بسطح القمر في وقت واحد!

قد يبدو إذن أن كتلة الجاذبية وكتلة القصور الذاتي لجسم ما تكونان دائما في نسبة واحدة بالضبط، وأن كتلة القصور الذاتي (وهي التي تحدد التسارع) والكتلة الجاذبة (التي تحدد قوة الجاذبية) متعادلتان تماما. وإن

جسما مصمتا أكثر قد يلاقي قوة جاذبية تمارسها الأرض عليه أقوى مما يلاقيه جسم مصمت أقل، ولكن، لأن كتلة قصوره الذاتي أكبر بنفس النسبة بالضبط، فان التسارع الذي يعانيه هو نفسه بالضبط الذي يعانيه الجسم الأقل ثقلا أو صموتا. والواقع أن القوة الإضافية الناجمة عن كتلة إضافية تلغى تماما بواسطة القصور الذاتي الإضافي للجسم. ويتم اختيار وحدات مقاييس كتلة القصور الذاتي وكتلة الجاذبية بحيث تتساوى الاثنتان وهذا التساوي قد تم اختباره بدرجة عالية من الدقة في تجارب أجراها-على سبيل المثال-نيوتن وإيتفوس eotvos، وفي عهد أكثر حداثة،. دايك Dicke وبراجينسكي Braginski بدقة تصل إلى جزء واحد من مليون المليون.

فإذا عدنا مرة أخرى إلى فكرة الراصدين في صناديق مغلقة، دعنا نتخيل راصدا واقفا داخل مصعد، ممسكا بكومة من الأشياء بين يديه. فلو انقطع حبل المصعد، لسقط المصعد بحرية تحت تأثير الجاذبية، متسارعا بمعدل مطرد، وكذلك يحدث لمحتوياته: فالراصد وسائر الأشياء الأخرى في المصعد سوف تسقط بنفس السرعة التي يسقط بها المصعد بالضبط. ولن يشعر الشخص الساقط بأن هناك أية قوة بينه وبين أرضية المصعد، ومن ثم سوف يعاني حالة انعدام الوزن، وسيبدو أن كل الأشياء التي كان قابضا عليها بيده تطفو في منتصف الهواء. وبالطبع، ستصل هذه الحالة الشبيهة بالحلم إلى نهاية مباغتة ودائمة حين يرتطم المصعد بقاع البئر، غير أن هذا لا يطعن في صحة النقطة التي نناقشها وهي: بينما يكون الراصد وحاويته في حالة سقوط حر، فإنه لا يشعر بأية آثار يمكن أن تعزى لمجال الجاذبية. هذه التجربة نفسها تحدث لرائد فضاء يستقل سفينة فضاء تدور حول الأرض، مثل هذه السفينة تتحرك بحرية تحت تأثير الجاذبية، ولا يشعر سكانها بأي وزن.

لدينا إذن معادل ذو طريقين بين آثار الجاذبية وآثار التسارع. فهذه قوة لا سبيل إلى تميزها عن الجاذبية يعانيها راصد تتزايد سرعته (فلنقل إنه رائد فضاء أثناء تشغيل المحرك الصاروخي لسفينته)، غير أن هذه القوة تتلاشى حين تزول هذه القوة المتسارعة (أي حين وقوف المحرك). وبالمثل يمكن أن تبطل آثار الجاذبية أو أن «تلغى»، أو«تتحول بعيدا» بأن يسمح لصندوق الراصد بالسقوط بحرية تحت تأثير الجاذبية. وقوى«الجاذبية»



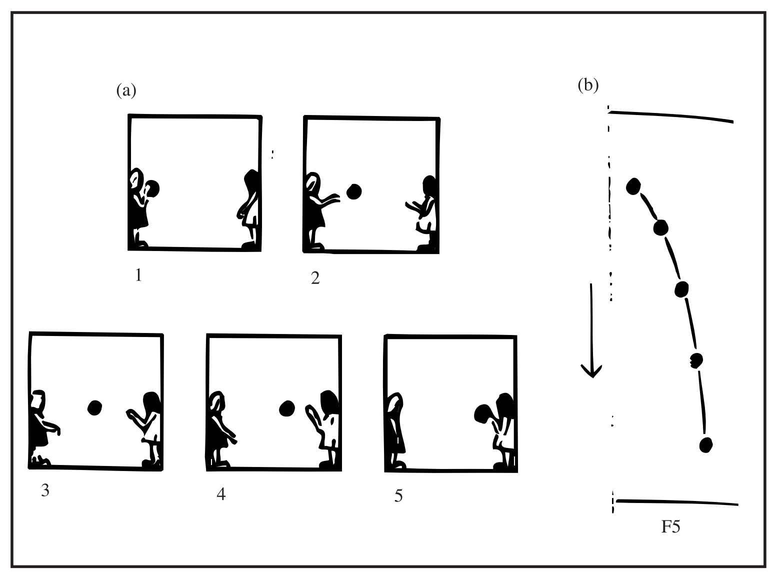
السقوط الحر وانعدام الوزن. في (أ) شخص ما واقف داخل مصعد ثابت ممسكا بصينية محملة بأشياء. انه يشعر بوزنه العادي وكذلك الحال بالنسبة للأشياء التي يحملها. ولكن في (ب) تقع كارثة. انقطع الكابل الكهربائي مما جعل المصعد يسقط سقوطا طليقا بتأثير الجاذبية.. ويسقط المصعد ومحتوياته في تسارع موحد وبنفس المعدل تماما. ولكن لا الشخص،تعيس الحظ، الموجود بالداخل، ولا الأشياء التي يحملها أدركت أي إحساس بالثقل. ولهذا فإنهم جميعا يعومون بحرية في حركة طليقة داخل حدود إطار المصعد. إلي أن.....

الظاهرة مألوفة لنا هذه الأيام، وهناك اقتراح بأنه من الممكن توليد الجاذبية الاصطناعية في محطة فضاء كبيرة بسيطة بجعلها تدور حول نفسها. فالأشخاص الذين يكونون داخل حافة المحطة (بافتراض أنها محطة فضاء تماثلية) سيكونون خاضعين لتسارع ثابت ماداموا مجبرين على التحرك في مسار دائري نتيجة لدوران المحطة بدلا من التحرك خلال الفضاء في خط مستقيم وبسرعة متسقة، ويكون اتجاه التسارع نحو مركز الدائرة، ولكن نظرا لقصورهم الذاتي، فسوف يشعرون بأنفسهم مضغوطين على الجدار الخارجي بـ «قوة» لا سبيل إلى التمييز بينها وبين الجاذبية: ويشار عادة إلى القوة الظاهرة التي يشعرون بها على أنها القوة الطاردة المركزية. ومن الممكن تعديل قوة الجاذبية الاصطناعية بتغيير سرعة الدوران، أو بان يختار فرد ما مستوى الجاذبية التي يريدها بمجرد التحرك مقتربا من محور الدوران أو مبتعدا عنه: فكلما اشتد تقاربه، أصبحت القوة الظاهرة للجاذبية أضعف، وتتلاشى تماما عند المحور.

ومن المهم أن نلاحظ على كل حال أن مبدأ التعادل لا ينطبق إلا داخل

أحجام مغلقة من المكان، حيث يمكن النظر إلى الجاذبية على أنها ثابتة. ففي حالة صندوق ضخم مستقر على سطح الأرض، قد تبدو آثار المد والجزر ظاهرة: ذلك أن قمة الصندوق ستكون بعيدة بعدا مهما عن مركز الأرض أكثر من قاع الصندوق بحيث أن الأشياء الطليقة بالقرب من قمة الصندوق تتسارع بسرعة أقل من الأشياء الطليقة بالقرب من قاع الصندوق. (ويصدق هذا أيضا-بالطبع-في صندوق صغير، غير أن الأثر سيكون طفيفا يند عن الملاحظة.) وبالمثل، فإن الأشياء الطليقة عند نقاط مختلفة داخل صندوق كبير يتخذ مداره حول الأرض ستسقط بحرية بسرعات مختلفة، بحيث أن شيئا موجودا في الجزء الأسفل من الصندوق سيبتعد ببطء عن شيء موجود في الجز الأعلى. وينشأ أثر مماثل عن هذه الحقيقة وهي أن كل جزئ داخل صندوق يسقط بحرية سوف يتسارع على طول خط على نحو مباشر صوب مركز الأرض. وهكذا سوف تقترب الجسيمات الطافية على الجوانب المتقابلة لمصعد يسقط بحرية-سوف يقترب بعضها من البعض الآخر أثناء اقتراب المصعد من مركز الأرض.

وأكد أينشتن أن المرء يستطيع دائما أن يختار منطقة صغيرة بما فيه الكفاية (أي صندوقا صغيرا بما فيه الكفاية) في حالة سقوط حر في مجال جاذبي، يمكن في نطاقه إبطال آثار الجاذبية، أو من الممكن النظر إلى المجال الجاذبي في نطاقه على أنه موحد. وبهذه الطريقة نعود إلى المقدمة القائلة بأن الآثار المحلية للجاذبية لا سبيل إلى تمييزها عن الآثار المحلية للتسارع. وقد أفترض أن للصندوق الساقط بحرية نفس الوضع الذي يكون فيه إطار القصور الذاتي، من الناحية المحلية، ومن ثم فقد نظر إلى مثل هذا الصندوق على أنه «إطار محلي للقصور الذاتي». وكل قوانين الفيزيائية كما تحددها التجارب التي تجري داخل مثل هذا الصندوق لابد أن تكون هي نفسها القوانين التي يحددها راصدون في حركة متسقة. وبصياغة مبدئه للتعادل في هذه العبارات-وتقريره على هذا النحو-فإن هذا المبدأ يبسط مبدأ النسبية ليتجاوز التطبيق المحدود في النسبية الخاصة، حيث يقتصر على راصدين في حركة نسبية متسقة، وأثبت أنه قابل للتطبيق أيضا على أطر مرجعية متسارعة. وعلى هذا لابد أن تكون قوانين الفيزياء واحدة بالنسبة لكل الراصدين أيا كانت حالة حركتهم،



شكل (34)

شريطة أن يحصر المرء انتباهه في منطقة زمكانية صغيرة بما فيه الكفاية بحيث تكون آثار الجاذبية فيها ثابتة ثباتا فعالا.

نستطيع أن نلمح بالفعل بعض نتائج مبدأ التعادل بالرجوع مرة أخرى إلى مماثلة الأشخاص الذين يضمهم مصعد ساقط بحرية. ووفقا لمبدأ التعادل، لن تظهر لهؤلاء الأشخاص أية آثار للجاذبية، بحيث لو أن أ قرر أن يقذف بكرة ل ب، فإن الكرة ستتحرك في خط مستقيم من أ إلى ب، فإذا كان للمصعد جدران مصنوعة من زجاج في اتجاه واحد بحيث يستطيع من هم خارج المصعد أن يروا ما بداخله، دون أن يستطيع من بداخله أن يروا ما يدور في الخارج، فسوف تكون رؤية الموجودين في الخارج كما يمثلها الشكل (34ب). أما بالنسبة لخلفية بئر المصعد، فإن المصعد ومحتوياته سوف يتسارع متجها إلى أسفل وإننا إذا رسمنا مسار الكرة (كما توضح الصورة) من أ إلى ب فسيري أنها تتبع مسارا على هيئة قطع متكافئ، مثلما نتوقع عادة أن يفعل مقذوف إذا أطلقه شخص واقف على سطح الأرض.

فلنفترض الآن أن أ قرر إرسال شعاع من الضوء (ربما كان من الليزر) إلى ب. سيكون زمن انتقال شعاع الضوء داخل حدود المصعد-قصيرا بلا

شك، وإن يكن متناهيا على كل حال. وسيتفق أ، وب على أن هذا الشعاع من الضوء اتبع-كما هو متوقع-مسارا في خط مستقيم بينهما، غير أن راصدا من الخارج سوف يصل إلى نتيجة مختلفة. فبسبب تسارع المصعد أثناء التوقيت القصير للرحلة، سوف يتبع الشعاع مسارا منحنيا حسب الإطار المرجعي للراصد الخارجي. وسيكون الانحناء طفيفا للغاية، لأن سرعة الضوء عالية للغاية، ولكن لاشك هناك في أن مسار شعاع الضوء سيكون منحنيا، والنتيجة التي يمكن استخلاصها من مبدأ التعادل هي أن أشعة الضوء ينبغي أن تنحني في وجود المجال الجاذبي. والواقع أن تعادل الكتلة والطاقة الناشئ عن نظرية النسبية الخاصة يفترض أن الضوء (الذي يحمل الطاقة)، شأنه في ذلك شأن الكتلة، ينبغي أن يتأثر بمجال جاذبي، ومن ثم، ينبغي ألا تكون هذه النتيجة مثارا للدهشة.

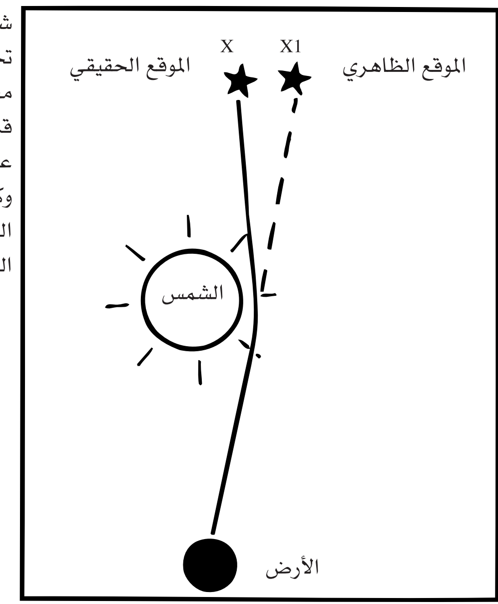
وانحناء الضوء في مجال جاذبي هو أحد التنبؤات الحاسمة لنظرية آينشتين العامة، وقد أكدته المقاييس الفلكية التي قام بها سير آرثر ادينجتون Sir Arthur Eddingtonعام 1919. فإن شعاعا من الضوء ينبعث من نجم بعيد مارا بالقرب من حافة الشمس لابد أن ينحرف بمقدار ضئيل، وإن يكن قابلا للقياس. والمشكلة في إجراء مثل هذه المقاييس هي-بالطبع-أن النجوم لا يمكن أن ترى في وضح النهار. وفي خلال كسوف كلي، حين يسد القمر قرص الشمس الساطع، حينذاك تصير النجوم ظاهرة للعيان، وفي أثناء كسوف كلي تمكن ادينجتون من قياس التغير الظاهر الذي يطرأ على موقع النجوم القريبة من الشمس في السماء، وأثبت أن انحناء الضوء يتفق وتنبؤات النظرية. ومنذ عهد قريب، أمكن قياس انحراف الموجات اللاسلكية التي تعبر عند حافة الشمس، وهذا أيضا يتوافق مع النظرية.

والعامل الرئيسي الآخر في إقامة النسبية العامة كان الربط الذي ذهب إليه آينشتين بين الجاذبية وبين هندسة geomtry الزمكان. فبالرجوع إلى الرسم البياني للزمكان (شكل30)، نرى أن خط-العالم لراصد في القصور الذاتي هو خط مستقيم. وعلى أي حال، ما د منا لا نستطيع الإفلات من جاذبية الكون، فإن كل الجسيمات لابد أن تخضع إلى درجة من التسارع (أيا كانت ضئيلة)، وأن يكون خط-العالم للجسيم المتسارع منحنيا. وبحصر انتباهنا في الأحجام الصغيرة بما فيه الكفاية للزمكان، نستطيع أن ننتج

إطارات محلية للقصور الذاتي تكون فيه حركة الخط المستقيم المتسقة أمرا ممكنا في حدود دقة المقياس، ولكن حينما ننظر إلى أحجام أكبر وأكبر من الزمكان، فإننا نصبح على وعي بالانحراف المطرد لخطوط-العالم هذه. وهذا شبيه بالموقف الذي نواجهه على سطح الأرض: ففي داخل منطقة صغيرة بما فيه الكفاية، نستطيع أن ننظر إلى سطح الأرض بوصفه مستويا-والمساح الذي يحدد موقعا لبناء منزل ليس بحاجة إلى أن يأخذ في حسبانه انحناءة الأرض-غير أن قائد الطائرة أو البحار الذي يلف حول العالم يكون على وعي حاد بأن الأرض منحنية!

والخطوة الحاسمة التي اتخذها آينشتين هي أنه افترض أن الجاذبية التي كانت مسئولة عن انحناءة خطوط-العالم، هي خاصية من خصائص الزمكان نفسه. أو بعبارة أخرى إن الزمكان ينحني في حضور الأجسام ذات الكتلة الضخمة. فالزمكان في جوار جسم ذي كتلة ضخمة ينحني بشدة، وهذه الانحناءة للزمكان هي التي نفسرها بأنها المجال الجاذبي. أما حين يكون الزمكان بعيدا عن كل مادة فإنه يكاد يكون مستويا تماما، وتكون هندسة الزمكان أقرب ما تكون إلى هندسة إقليدس المستوية، ولكننا في أي موقف آخر لا نجد بديلا عن استخدام هندسة الأماكن والسطوح المنحنية التي قام الرياضي الألماني ج. ف. ب. ريمان G. F. E. B. Rieman بتطويرها عام 1854.

وفي الهندسة العادية المستوية اعتدنا فكرة أن أقصر مسافة بين نقطتين هي الخط المستقيم. أما في هندسة ريمان، فإن أقصر مسافة بين نقطتين هي المسار المنحني المعروف بالجيوديسي geodesic. وعلى سبيل المثال،لا يستطيع المرء أن يرسم خطا مستقيما على سطح كرة، مثل الكرة الأرضية، وأقصر مسافة بين نقطتين على سطح كرة هي المنحني الذي هو جز من دائرة كبرى (ا لدائرة الكبرى هي الدائرة التي يكون مركزها عند مركز كرة؛ ومثل ذلك، خط الاستواء أو دائرة خط طول هي دائرة كبرى، أما دائرة خط العرض «الموازية» فليست كذلك). ومن ثم، فإن أقصر طريق بين نقطتين يتباعدان تباعدا واسعا ولكنهما يقعان على خط عرض واحد هو ألا تسافر على طول خط العرض هذا، وإنما تتبع خطا منحنيا. ومن أمثلة ذلك أنك لكي تسافر بين نقطتين على خط عرض 45° ، ولكنهما تقعان على الجانبين



شعاع من الضوء يصل من النجم تحرفه الشمس عن مساره بفعل مجال جاذبية الشمس إذا ما مر قريبا من الشمس لهذا فإن المراقب على الأرض سوف يرى النجم وكأنه. انتقل بعيدا. عن موقعه الحقيقي إلى الموقع الظاهري.

شكل (35)

المتقابلين من الأرض على طول خط عرض، مواز يقتضي هذا أن تقطع مسافة طولها 10,000 كيلومتر، ولكنك إذا اتبعت طريق الدائرة الكبرى الذي يمر مباشرة فوق القطب، فانك لن تحتاج إلا إلى قطع مسافة طولها 700 ر6 كيلومترا فحسب.

وفي رأي آينشتين. أن الجسيمات الساقطة بحرية «بما فيها أشعة الضوء» تتبع خطوط-العالم التي هي جيود يسية في الزمكان المنحني. وأشعة الضوء تتبع أكثر المسارات «الممكنة استقامة»، غير أن خطوط-العالم المكونة لها منحنية أيضا، وهي التي تعرف بالجيوديسيات الصفرية null-godesics. وهكذا يكون الكوكب في مداره حول الشمس في سقوط حر حول الشمس متبعا خط جيوديسي في الزمكان. والكوكب لا تمسك به في مداره قوة (الجاذبية النيوتونية) هى القوة التي تمارسها الشمس، ولكنه يتبع طريقه الطبيعي في الزمكان المنحني الذي يحيط بالشمس. وهكذا ترى الجاذبية باعتبارها منحني الزمكان، لا بوصفها قوة تؤثر (على نحو ما) فوريا عبر المكان على النحو الذي تصوره نيوتن.

وسبق أن أشرنا إلى أحد تنبؤات النظرية النسبية العامة، وأعنى به

انحراف الأشعة الضوئية في مجال جاذبي، وكان هذا التنبؤ موضع اختبار تجريبي إلى درجة معقولة من الدقة. وأمدتنا باختبار آخر حركة الكوكب عطارد-وهو أقرب الكواكب إلى الشمس-ويتحرك في مدار إهليلجي واضح. وأقرب نقطة للاقتراب من الشمس هي ما تعرف باسم نقطة الذنب Perihelion.

وكان من المعروف فعلا بواسطة الملاحظات الفلكية أن نقطة ذنب عطارد تدور ببطء حول الشمس، أي أن المدار نفسه ينتقل ببطء في الفضاء. ومن الممكن تفسير شطر كبير من هذه الحركة وفقا لنظرية نيوتن في الجاذبية بأنها ترجع إلى الآثار المشوشة التي تحدثها الكواكب الأخرى، ولكن يبقى بعد ذلك اختلاف مقداره 43 ثانية من القياس الزاوي يحدث كل قرن من الزمان Per century لا سبيل إلى تفسيره.

أما نظرية آينشتين فكانت قادرة على تفسير حركة الكوكب تفسيرا دقيقا.

ما جدوى هذه المناقشة كلها عن طبيعة الجاذبية في كتاب مخصص لموضوع الزمان؟ ومادامت الجاذبية تفسر على أنها انحناءة الزمكان، فلنا أن نتوقع حدوث آثار زمنية بجوار الأجسام الضخمة، والحق، أن هناك تنبؤا آخر للنسبية العامة يمت بصلة مباشرة لأفكارنا عن الزمان فالساعات الطبيعية تسير ببطء أكثر في مجال جاذبي قوي عما تسير به في مجال ضعيف.

وبعبارة أخرى، ينبغي أن يكون هناك تمدد جاذبي للزمان مماثل لتمدد الزمان الناجم عن السرعة النسبية في نظرية النسبية الخاصة. فالساعة التي توضع على سطح جسم ضخم سوف تسير على نحو أبطأ من ساعة مثلها تماما موضوعة على مبعدة من ذلك الجسم. وفي حالة الأرض سيكون الأثر طفيفا جدا، وسرعة الساعة البعيدة عن الأرض سوف تختلف-وفقا للنظرية-عن سرعة الساعة المماثلة الموضوعة على الأرض بحوالي سبعة أجزاء من عشرة آلاف مليون، أي أن الساعة المستقرة على الأرض سوف تسير ببطء بالقياس إلى الساعة الأخرى بمدة لا تعدو عشرين ثانية في ألف سنة. أما حين يتعلق الأمر بمجالات جاذبة قوية، فإن الأثر يكون دراميا بحق.

ويرتبط تمدد الزمان مباشرة بالظاهرة الملحوظة للزحزحة الحمراء(*9) الجاذبة. ذلك أن الضوء الصادر عن مجال جاذبي قوى عليه أن يجتهد للصعود من سطح جسم هائل الحجم، وفي هذا المجهود يفقد قسطا من طاقته. وكلما كانت طاقة الفوتون Photon(جسيم من الضوء) منخفضة، كان طول الموجة الملحوظة من هذا الضوء أطول، ويناظر فقدان الطاقة زيادة في طول الموجة، وطول الموجة الذي يصل إلى راصد بعيد أطول من طول الموجة المنبعث من سطح الجسم. وبعبارة أخرى، الضوء الذي يصل إلى راصد بعيد تطرأ عليه زحزحة حمراء. والزحزحة الحمراء الجاذبة تشير إلى تغيير في الساعة الطبيعية وهذه الساعة الطبيعية هي المسافة بين الذري المتتابعة لموجة ضوئية. ولضوء الزحزحة الحمراء طول موجة أطول بحيث أن ذري قلائل من الموجة في الثانية تصل إلى الراصد (أي أن تردد الضوء ينخفض)، ومن ثم تزيد الفترة الزمنية بين الذري المتتابعة. ومن الممكن النظر إلى ذري الموجة المتتابعة على أنها النبضات المتعاقبة لساعة ما، بحيث أن الساعة التي تقع في مجال جاذبي قوي يمكن أن يرى راصد بعيد أنها تسير ببطء بالقياس إلى ساعته المحلية (أو الخاصة).

وقد تم رصد الزحزحة الحمراء الجاذبة في الضوء الصادر عن النجوم الأقزام البيض. وهذه النجوم تكون في المرحلة الأخيرة من حياتها، وقد تقلصت إلى جزء من أبعادها السابقة. والقزم الأبيض النمطي له كتلة

(*9) الزحزحة الحمراء Redshift وتسمى أيضا ظاهرة دوبلر Doppler effect أو مبدأ دوبلر: التغير الظاهري في تردد الصوت أو الإشعاع الكهرومغنطيسي نتيجة الحركة النسبية بين المصدر وبين الراصد. فذروة (أو تردد) الصوت المنبعث نتيجة موضوع متحرك (صفارة قطار متحرك على سبيل المثال) تبدو للراصد الثابت وكأنها تتزايد مع اقتراب الموضوع المتحرك منها، ويتناقض كلما تراجع وابتعد عنها. والضوء المنبعث من موضوع متحرك يبدو أكثر احمرارا (حيث الضوء الأحمر تردده أقل من تردد إلا لوان الأخرى) كلما تراجع وابتعد عن الراصد (أو كلما تراجع الراصد وابتعد عنها). وهكذا فإن الضوء المنبعث من النجوم الموجودة في المجرات البعيدة تطرأ عليه ظاهرة دوبلر أو الزحزحة الحمراء إذا ما رصدنا هذه النجوم ونحن على الأرض. وتعني الزحزحة الحمراء هنا أن هذه المجرات النائية تتراجع مبتعدة عن مجرتنا. وهذه هي البينة المبدئية لإثبات الافتراض الشائع عن تمدد الكون. وتستخدم ظاهرة دوبلر أيضا في الرادار للتمييز بين الأهداف الثابتة والمتحركة ولتقديم معلومات عن سرعتها عن طريق قياس تردد الحركة أو الزحزحة بين الإشعاع المنبعث والمنعكس. (عن قاموس العلم-بنجوين-الطبعة الخامسة-1984- مادة Doppler) effect- المراجع.

تعادل كتلة الشمس، غير أن حجمه حوالي حجم الأرض ليس إلا، ومن ثم فان المادة المصنوع منها كثيفة إلى درجة أن ملء ملعقة صغيرة منها إذا أمكن جلبها إلى الأرض-تزن عدة أطنان. وقوة الجاذبية عند سطح مثل هذا النجم أعظم بعدة مئات الآلاف من المرات من قوة الجاذبية هنا على الأرض، وفي هذه الظروف تكون الزحزحة الحمراء الجاذبة أشد ظهور، بكثير.

والزحزحة الحمراء الجاذبة وتمدد الزمان نتيجتان مباشرتان لمبدأ التعادل، بحيث أن مقاييس هاتين الظاهرتين ترقى إلى مستوى التجارب لإثبات هذا المبدأ. وكان أدق قياس لهذه الظاهرة حتى عهد قريب هو القياس الذي قام به ر. ف. باوند R. V. Poun و. ج. أ. ريبك G. A. Rebka. وج. ل. سنايدر J. L. Snider في جامعة هارفارد في الستينيات. فقد قاموا بقياس التغير في تردد أشعة جاما فيما بين القمة والقاع لبرج ارتفاعه 75 قدما (أي حوالي 23 مترا)، فأكدوا تنبؤات النظرية بدقة تبلغ حوالي ١٪. وفي عام 1976أجريت تجربة أدق قام بها ر. ف. س. فيسوت R. F. C. Vessot وم. دبليو. ليفين M. W. Leivine في مركز هارفاردر شميثسونيان للفيزياء الفلكية Harvard-Somithsonian Center For Astro-Physics. وفي هذه التجربة أشعلت ساعة ميزر هيدروجينية Hydrogen maser clock في صاروخ يصل إلى ارتفاع10٫000 كيلومتر تقريبا، والإشارات التي نقلت من هذه الساعة قورنت بالساعات المماثلة على الأرض. وأثناء الطيران، كانت الساعة المحمولة على الصاروخ موجودة في مجال جاذبي أضعف من مجال الساعات المستقرة على الأرض. وفي أقصى ارتفاعها، كان لابد أن يختلف تردد هذه الساعة عن الساعات المقامة على الأرض بحوالي 5 ٫ 4 جزء من عشرة آلاف مليون. وعلى الرغم من أن هذا الاختلاف غاية في الصغر (ميكروسكوبي)، فإن الساعات التي استخدمت للمقاييس اعتبرت أدق بحوالي جزء من واحد في ألف مليون المليون (أي1 في كل10^{15}) ويعتبر هذا الأثر المتنبأ به حسنا تماما في حدود قدرات التجربة.

وثبت من تحليل النتائج أنها عملية عسيرة، غير أنه بحلول عام 1978 كانت بحوث التحليل على ثقة من أن نتائجها تتفق مع تنبؤات آينشتين بدقة تبلغ جزأين في 10000، أي في حدود واحد على خمسين من1٪. وقد يقوم مزيد من التحليل بتحسين النتائج أكثر من ذلك. ومن ثم. لا يبدو هناك

شك في أن ظاهرة تمدد الزمان الجاذبي موجودة، وأن مبدأ التعادل جدير بالثقة، هذا المبدأ الرئيسي في نظرية النسبية العامة، وأن هذه النظرية مازالت-حتى الوقت الحاضر-أفضل ما لدينا من نظريات عن الجاذبية.

وموجز القول أن النسبية العامة نظرية تدمج معا مبدأ التعادل والمفهوم القائل بأن الجاذبية يمكن النظر إليها على أنها تشويه لهندسة الزمكان بحيث تكون خطوط-العالم للجسيمات الساقطة بحرية خطوطا جيوديسية (أقرب مماثلة في الزمكان المنحنى لفكرة الخط المستقيم في الهندسة المستوية) والوصف الدقيق للجاذبية في هذا المصطلح تضمه معادلات المجال التي نشرها آينشتين عام 1915. هذه النظرية الرائعة تستبدل بالفكرة النيوتونية عن قوي الجاذبية فكرة أن الأجسام تتبع مساراتها الطبيعية في الزمكان المنحني، فالأجسام لا «تشعر» بقوى الجاذبية، ولكنها تستجيب لانحناءة الزمكان المجاورة لها. وحيثما تكون انحناءة الزمكان طفيفة، فإن مسار الجسيم يكون مستقيما من الناحية العملية، ولكن مساره في الزمكان المنحني بشدة-على مقربة من جسم هائل الكتلة-ينحني انحناء ملحوظا. ومن الأمور الضمنية في هذه النظرية أن الحركة المتسارعة («السقوط الطليق») هي الحالة الطبيعية للحركة في الكون. وكان نيوتن وجاليليو قد طرحا فعلا الفكرة السائدة زمنا طويلا بأن القوة ضرورية للمحافظة على الحركة، واستبدلا بهذه الفكرة النظرة القائلة بأن الحالة الطبيعية للحركة هي الحركة المتسقة في خط مستقيم، ولا تطلب القوة إلا لتغيير تلك الحالة. ومضى آينشتين إلى أبعد من ذلك وأوضح أن الحالة الطبيعية هي حالة السقوط الحر وأن القوة لازمة فقط لتغيير تلك الحالة. والقوة الوحيدة التي يعانيها الراكبون في مصعد ساقط بحرية، سيكون الارتطام الذي يوقف سقوطهم في قاع البئر.

المكان والزمان والجاذبية تترابط فيما بينها ترابطا حميما. وليست السرعة وحدها هي التي تؤثر على سرعة مرور الزمن، بل تؤثر قوة المجال الجاذبي، أو الانحراف المناظر للزمكان، على هذه السرعة كذلك. وفي النسبية الخاصة رأينا أن معدل سرعة الساعة التي تحملها سفينة فضاء سريعة الحركة-أبطأ من سرعة الساعة الثابتة إلى جوارها. وفي النسبية العامة نرى أيضا أن سرعة ساعة موضوعة في مجال جاذبي قوى أبطأ من

سرعة ساعة موجودة في الجوار المباشر لراصد مقيم بعيدا عن هذا المجال الجاذبي. والساعة التي يحملها راصد-أي الساعة التي تتمشى مع سرعته وتبقى معه سواء كان يتحرك بسرعة موحدة أو كان خاضعا للتسارع-هذه الساعة هي ساعته الخاصة، وتقيس زمانه الخاص. وكما أن راصدا يستقل سفينة فضاء سريعة الحركة لن يكون مدركا لأي تغير في ساعته الخاصة التي يحملها معه في السفينة، فكذلك الراصد الموجود في مجال جاذبي قوي لن يشعر بأن ساعته الخاصة تسير ببطء. وفي كلتا الحالتين، لن يكون أي تغيير قابلا للملاحظة (بوسائل الملاحظات المحلية على الأقل). وسيختلف الراصدون في الحركة النسبية الموحدة أو الراصدون في مجالات جاذبة مختلفة فيما بينهم بشأن معدل السرعة التي يمضى بها الوقت، غير أن ما من راصد واحد-أيا كانت حالة حركته-يستطيع أن يزعم أن لديه مقياسا للوقت أصدق من أي مقياس آخر. وهنا نعود مرة أخرى إلى القول بأنه لاوجود لزمان مطلق، والزمان نفسه مواضعه متغيرة تتسم بالمرونة.

الثقوب السوداء والزمان:

رأينا فيما سبق أن آثار انحناءة الزمكان-في الظروف العادية-طفيف جدا وأن أدق الوسائل الفنية للقياس (مثل تلك التي استخدمت في تجربة فيسوت وليفين) جوهرية للكشف عنها. إن مدة الحياة المتاحة لواحد من توأمين يعيشه في الدور الأرضي من عمارة تضم عددا من الشقق لن تكون أكبر بالقياس إلى مدة الحياة المتاحة لأخيه الآخر الذي يعيش في الطابق الموجود في أعلى العمارة. (لأسباب لا تتعلق-على الأقل-بالنسبية العامة). ومهما يكن من أمر، فمن الممكن أن تتوقع في المجالات الجاذبة القوية جدا-أن تصبح هذه الآثار ظاهرة في الحال.

وتحيط اليوم بالفيزياء والفلك إثارة شديدة حول إمكانية الكشف عن كيانات تعرف باسم الثقوب السوداء، التي لو كانت موجودة فإنها تمثل مناطق من الفضاء يكون فيها المجال الجاذبي (أو انحناءة الزمكان) الناجم عن المادة المضغوطة والمتداخلة كبيرا إلى درجة أن الضوء نفسه لا يستطيع الإفلات منه. وفي عام 1916 نشر الفلكي الألماني كارل شفار تسشيلد Karl Schwarzild حله لمعادلات آينشتين للمجال الخاصة بالزمكان المجاور لكتلة

المادة الكروية: وأثبت الحل أنه إذا ضغطت كتلة M في حدود نصف قطر صغير بما فيه الكفاية (يعرف الآن باسم نصف قطر شفارتسشيلد Rs، فإن انحراف الزمكان سيكون كبيرا بحيث لن تتمكن أية إشارة من أي نوع من الإفلات من نطاق نصف القطر هذا. ومقدار نصف قطر شفار تسشيلد يعطي بهذه المعادلة البسيطة Rs=2GM/C2 حيث تكون G هي الثابت الجاذبي المعتاد وتشير C إلى سرعة الضوء. والواقع، أن فكرة مماثلة قد ناقشها عام 1798 الرياضي الفرنسي بيير دو لابلاس Pierre de laplace. إذا أنه بمعاملته للضوء على أنه تيار من الجسيمات خاضع لآثار الجاذبية، افترض أنه ربما وجدت في الكون أشياء بالغة الضخامة بحيث أن سرعات الإفلات[*10] escape velocities عند سطوحها تكون أكبر من سرعة الضوء أو مساوية لها. ويمضى مؤكدا رأيه قائلا: فإذا كان الأمر كذلك لن يتمكن الضوء من الإفلات من مثل هذه الأجسام التي تظل لا مرئية. وقيمة نصف القطر الحرج الذي حصل عليه كان هو نفسه الذي حصل عليه شفارتسشيلد باللجوء إلى النسبية العامة. (وفي هذه الحالة، أعطت النظرية النيوتونية والنسبية العامة نتيجة واحدة بعينها، ولكن ينبغي أن نشير إلى أن برهان لابلاس لم يؤد إلى كيان يتصف بالخصائص نفسها التي يتصف بها الثقب الأسود في النسبية العامة.)

ومعظم الأشياء في الكون أكبر كثيرا من أنصاف أقطارها التي حددها شفارتسشيلد وعلى سبيل المثال فإن نصف قطر شفارتسشيلد للشمس يبلغ 3 كيلومترات، ونصف القطر الفعلي للشمس حوالي 000 ,700 كيلومتر، ونصف القطر الفعلي للأرض 6400 كيلومتر تقريبا، ونصف قطرها كما قدره شفارتسشيلد يقدر في حدود سنتيمتر واحد. ويبدو أنه لا وجود لطريقة في الطبيعة يمكن بها أن تنضغط الشمس أو الأرض بما يكفي

(*10) لو قذف جسم عموديا من سطح الأرض فإنه يرتد إلى الأرض ثانية إلا إذا تجاوزت سرعته قيمة معينة تعرف بأنها سرعة الإفلات، فإذا تجاوز هذه القيمة، فإن الجسم يواصل حركته مبتعدا ولن يعود أبدا. وقيمة سعة الإفلات V، على مسافة R من جسم كتلته M يعطي من هذه المعادلة $vc = \sqrt{2GM/R}$ وعند سطح الأرض تكون قيمتها حوالي 11 كيلومترا في الثانية. ونصف القطر الحرج الذي ينبغي أن تضغط في نطاقه الكتلة M لكي تكون (وفقا للابلاس) سرعة إفلات سطحه مساوية لسرعة الضوء أو أكبر منها يمكن الحصول عليه بوضع ye =C. وهكذا تكون R = 2GM/c2.

لتكوين ثقب أسود فلو كانت الثقوب السوداء موجودة في الكون، لكانت ناشئة في أغلب الظن عن إنضغاط وتداخل بعض النجوم الهائلة للغاية في ختام دورات حياتها.

نجم كالشمس يكون في حالة توازن. فالقوة الجاذبة في كل جسيم على أي جسيم آخر تعمل في اتجاه الداخل وتميل إلى ضغط النجم، غير أن هذه القوة يوازنها الضغط الموجود داخل النجم تسانده التفاعلات النووية التي تولد طاقة النجم. وطالما استطاع الاستمرار في توليد الطاقة، ظل النجم منتفخا كالبالون، ولكنه يفقد وقوده في نهاية المطاف، وعندما يفعل ذلك، يفتقر إلى القوة التي يدعم بها ثقله. ومعظم النجوم، بما فيها الشمس من المحتمل أن ينتهي بها الأمر إلى أن تصير أقزاما بيضاء، نجوما انضغطت بواسطة الجاذبية إلى كثافات أكبر مليون مرة من كثافة الماء. ولا تستطيع الجاذبية أن تضغط مثل هذا النجم أكثر من ذلك، شريطة أن تكون كتلته أقل 2 ,1 من كتلة الشمس.

فإذا تجاوزت الكتلة النهائية لنجم ما هذا الحد، فقد ينتهي بها الحال إلى أن تصبح جسما أشد انضغاطا من ذلك بكثير، وهذا هو ما يعرف باسم النجم النيوتروني neutron star. وفي داخل مثل هذا النجم، يكون تركيب الذرات كله قد تحطم، فأرغمت الإلكترونات ذات الشحنة السالبة على أن تتحد مع البروتونات ذات الشحنة الموجبة لتكوين نيوترونات محايدة كهربيا. نصف قطر النجم النيوتروني أقل من عشرة كيلومترات، ولكنه قد يحتوى على مادة أكثر مما تحتويه الشمس، فقد تضاغط إلى كثافة هائلة بحيث أن ملعقة صغيرة من مادة النجم النيوتروني-إذا أمكن أن تجلب إلى الأرض- تزن ألف مليون من الأطنان! والفلكيون الآن على ثقة من أنهم قد اكتشفوا النجوم النيوترونية في الفضاء.

وتفترض النظرية أن أي نجم تتجاوز كتلته النهائية حوالي كتلتين شمسيتين ينضغط ويتداخل إلى ما يتجاوز مرحلة النجم التنوتروني. فإذا بدأ مثل هذا النجم، أو الحطام النجمي في الانضغاط والتداخل بفعل قوته الجاذبة، فلن تكون حينئذ ثمة قوة معروفة في الفيزياء تقدر على إيقاف هذا الانهيار. ومن حيث المبدأ، تكون كل مادة النجم قد انضغطت في نقطة ذات كثافة لامتناهية، نقطة التفرد الزمكاني spacetime singularity. وقبل أن

ينهار النجم إلى هذا الحد، لابد أن يكون قد تداخل إلى نصف قطره المحدد حسب معادلة شفارتشيلد وتحول إلى ثقب أسود. أما ما يحدث لمادة النجم بعد ذلك، فلا يمكن أن تصل عنه أية معلومات إلى الكون الخارجي، لأنه لكي يفعل ذلك، لابد أن تكون هناك إشارة تتجاوز سرعة الضوء. وتسمى حدود الثقب الأسود أفق الحادث event horizom لهذا السبب نفسه وهو أنه لا سبيل إلى توصيل أية معلومات إلى العالم الخارجي عن أية حوادث تقع داخل تلك الحدود. وأي شعاع من الضوء يرسل عند أفق الحادث يظل هناك إلى الأبد، دون أن يتحرك إلى الخارج، أو يسقط إلى الداخل، مثل آليس والملكة الحمراء، التي تجري خارجة لكي تبقى في المكان نفسه، وشعاع الضوء الذي يرسل داخل أفق الحادث يسحب دون هوادة إلى مركز الثقب الأسود.

أمور عجيبة يمكن أن تحدث للزمان بجوار ثقب أسود. فلنتخيل تجربة وافق فيها رائد فضاء جسور على السقوط داخل ثقب أسود لخدمة العلم (قد يكون من المتعذر تقدم المتطوعين لمثل هذا العمل). وهذا الرائد مزود ببطارية قوية من أشعة الليزر ترسل نبضة ضوئية مرة في كل ثانية، بحيث يمكن أن نتابع تقدمه من مسافة آمنة برصد الومضات المنبعثة من بطاريته. ويشرع رائد الفضاء في السقوط صوب الثقب الأسود. مسجلا الوقت الذي يمر منذ بداية بعثته على ساعة يحملها معه، ومرسلا نبضة من بطاريته الليزر على فترات مدتها ثانية واحدة كما تقاس على ساعته الخاصة. ومن وجهة نظره، سوف يتسارع مندفعا نحو الثقب الأسود، عابرا أفق الحادث دون أن يفطن إلى شيء غير عادي (سنتغاضى هنا عن ضغوط المد والجزر التي يتعرض لها). إذ أنه بالنسبة لثقب أسود ذي كتلة نجمية لن يمر وقت إلا واحد على عشرة آلاف من الثانية فحسب، كما تقيسها ساعته، بين عبوره لأفق الحادث وسقوطه إلى التفردية المركزية هناك حيث تسحقه من الوجود القوى الجاذبة اللامتناهية. وسيكون هذا حدثا حقيقيا أليما بالنسبة له، ومما يزيد الهم ألما وخسارة أنه لن يكون قادرا على أن يحكي تجاربه لأحد منذ أن يدخل الثقب الأسود ذلك لأن إشاراته لن تتمكن من الإفلات.

أما نحن الذين نبقى على مسافة من الثقب الأسود، فسنرى مشهدا آخر للأشياء مختلفا تمام الاختلاف. حقا أننا سنرى رائد الفضاء يتسارع

صوب الثقب الأسود، غير أنه حين يقترب من أفق الحدث، هنالك سوف يبدأ شيء من أغرب ما يكون في الحدوث. إذ أن الفترة الزمنية بين الومضات المتتابعة من بطاريته الليزر ستصبح أطول فأطول على نحو مطرد كلما اشتد قربه من الثقب الأسود، وهذا يدفعنا إلى استنتاج أن ساعته قد أخذت في التباطؤ بالقياس إلى ساعتنا الخاصة، وهذا ما نتوقعه بالضبط من ساعة موضوعة في مجال جاذبي قوي. والفترة الزمنية بين النبضات المتتالية ستصبح طويلة إلى ما لانهاية حين يبلغ رائد الفضاء أفق الحادث، وسوف نستنتج من ذلك (ما دمنا نستطيع-من حيث المبدأ-أن نتلقى نبضة بعد انقضاء زمن طويل إلى ما لانهاية عقب بداية البعثة) أنه لم يعبر قط أفق الحدث على الإطلاق! ومن وجهة نظر راصد بعيد، يتوقف الزمان ساكنا عند أفق الحادث لثقب أسود، ولكن من وجهة نظر رائد الفضاء الذي يسقط في داخل الثقب، فإنه سيعبر الأفق وسيهوى إلى المركز في زمن قصير للغاية بكل تأكيد.

أيهما على صواب؟ إن كل راصد منهما على صواب داخل إطاره المرجعي كما رأينا من قبل، ولكن لا يستطيع أحد منهما أن يزعم بأن الآخر مخطئ، الراصد البعيد على حق فيما يرى، غير أن الراصد المتهادي إلى الداخل يدرك إدراكا أليما أن وجهة نظره صحيحة فيما يتعلق بإطاره المرجعي!

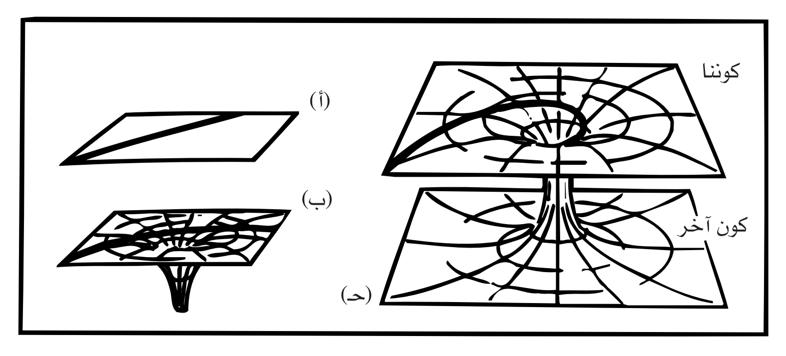
وقد يجادل المرء مستندا إلى هذا بأن الثقوب السوداء لا يمكن أن تتكون على الإطلاق. ذلك لأننا لو راقبنا نجما في أثناء انهياره على نفسه، فإن مقياسه الزمني لابد-على كل حال-أن يتباطأ مع اقترابه من نصف قطره الذي حدده شفارتسشيلد، وسوف يستغرق زمنا لامتناهيا ليعبر أفق حدثه الخاص. وينبغي أن نكون قادرين على رؤية «صورة متجمدة» إلى الأبد للنجم مصنوعة من الضوء المنبعث عند وصولها إلى أفق الحادث. ومهما يكن من أمر فإن التمدد الجاذبي للزمان والزحزحة الحمراء يسيران معا يد بيد: إذ أن الضوء الصادر على مقربة شديدة من أفق الحادث، لابد وأنه تزحزح وفقا لظاهرة الزحزحة الحمراء بحيث يصبح طول موجته طويلا إلى ما لانهاية. وفي جزء صغير للغاية من الثانية، وحين يبلغ النجم المنهار نصف قطر شفارتسشيلد فإن ضوءه سوف يزحزح زحزحة حمراء خارج الرؤية، وسيتعذر الكشف عن النجم بطول أي موجة. وعلى الرغم من تمدد

الزمان الجاذبي، فإن الزحزحة الحمراء تضمن أن النجوم المنهارة ورواد الفضاء المتهاوين في الداخل سوف يتلاشون حقا-إلى الأبد.

وقد يبدو أن الثقوب السوداء بحكم تعريفها، غير قابلة للكشف عنها. ذلك أنها تمتص كل شيء يهوي إليها، سواء كان إشعاعا أو أشياء مادية-ولا ترسل شيئا، إذا لا تستطيع أية إشارة أو شيء مادي أن يعبر إلى الخارج مخترقا أفق الحادث. ومع ذلك، ما برح الثقب الأسود يمارس تأثيرا جاذبا على ما يحيط به، وهذا هو ما يمكن أن ينم عن وجوده. وعلى سبيل المثال يوجد مصدر لأشعة إكس في السماء اكتشفه القمر الصناعي الأمريكي يوهورو uhuru عام 1970، ويعرف هذا المصدر باسم سيجنوس إكس-1 (1-Cygnus X). وهو يتألف من نجم ساخن ضخم الكتلة يلازمه رفيق خفي يبدو أنه أضخم منه كتلة بحيث لا يمكن اعتباره قزما أبيض أو نجما نيوترونيا، وكتلة الرفيق الخفي المستنبطة من الحركة المدارية للنجم المرئي-يبدو أنها تتراوح بين ستة إلى خمسة عشر ضعفا لكتلة الشمس. ويبدو أن المادة تتدفق من النجم المرئي إلى الجسم اللامرئي. وما يمكن توقع حدوثه في موقف يكون فيه النجم التقليدي وثقب أسود في تجاور وثيق أحدهما بالآخر، ويدور كل منهما في فلكه بتأثير القوة الجاذبة المتبادلة، هو أن تؤلف المادة المتدفقة من النجم المرئي أسطوانة دائرية من الغاز خارج أفق الحادث للثقب الأسود. والغاز المتساقط صوب أفق الحادث ينبغي أن يكون من شدة الحرارة بحيث يرسل أشعة إكس، وقد يفسر هذا أشعة إكس التي يلاحظ أنها صادرة عن سيجنوس إكس-1. ومن المفترض أن تصدر أشعة إكس في هذه الحالة عن المادة التي توجد خارج أفق الحادث، ولا تستطيع أية إشارة أن تصدر من داخل تلك الحدود.

والبينة التي تدعو إلى افتراض وجود ثقب اسود في سيجنوس إكس-أ بينة جيدة، ولكنها ليست قاطعة. ومع ذلك، فقد اكتشف مصدر ثنائي مماثل لأشعة إكس هو Sco V861 في كوكبة العقرب، وحمل عدد مايو 1978 من «مجلة الفيزياء الفلكية» Astrophysical Journal بحثين يصفان أرصادا تتفق مع فكرة أن المجرة الاهليلجية العملاقة M87 تحتوي على ثقب أسود هائل الكتلة حقا، ويضم من المادة ما يعادل خمسة آلاف مليون من الشموس! ولا يوجد-من حيث المبدأ-سبب لعدم وجود الثقوب السوداء الهائلة الكتلة،

وكثير من الفلكيين افترضوا أن تكون مثل هذه الكيانات مندسة في مراكز المجرات (بل ربما في مركز مجرتنا نحن) وتقوم بدور «محطة لتوليد الطاقة»«powerhouse>. إذ يستطيع أي ثقب أسود هائل الكتلة تتهاوى عليه المادة أن يكون بمثابة مصدر قوي للطاقة، حيث تتحرر الطاقة بواسطة المادة المتساقطة في داخله قبل عبور أفق الحادث. و مثل هذه المصادر المكثفة للطاقة يمكن أن تقدم لنا تفسيرا ملائما للغاية لتلك الأشياء العجيبة مثل الكوازارات quasars (نقاط إشعاع خارج المجرة)-وهي أشياء مكثفة قوية نائية بصورة هائلة، وتقع عبر حدود مجرتنا.



الزمكان حول ثقب أسود.
أ- الزمكان في حالة غياب المادة يمكن تمثيله بسطح مستو. أي مقذوف ينطلق على طول سطح مستوى يتخذ مسارا في خط مستقيم تماما مثلما يفعل جسيم في حالة غياب مجال الجاذبية.
ب- إذا افترضنا أن الزمكان يمثله مسطح مطاطي فإننا إذا ما وضعنا جسما ثقيلا فوق هذا المسطح فإنه سوف ينبعج. والجسم المتحرك من (أ) سوف ينحرف نتيجة لذلك، تماما مثلما ينحرف جسيم بفعل مرور جسم ثقيل الوزن بجواره.
جـ- الزمكان خارج ثقب أسود ساكن يزداد انحناؤه ويبدو وكأنه انفتح إلى الخارج ليتحول ثانية إلى زمكان مسطح آخر. ويدو وكأن ثمة ثقب أسود يربط كوننا بكون آخر. وذهب البعض إلى غير ذلك وقالوا إن ثقبا أسود يربط أنحاء مختلفة من زمكاننا. ترى إذن ما هو مصير جسم يسقط إلى داخل ثقب أسود؟

ولا وجود لبرهان قاطع حتى الآن على اكتشاف الثقوب السوداء، غير أن البينة التي تحملها الملابسات تتصاعد، بكل تأكيد على نحو مقنع.

ومن الجوانب الشائقة في الرياضيات التي تصف الزمكان المجاور لثقب أسود أنه يبدو وكأنما الثقب الأسود يربط زمكان كوننا بزمكان مختلف تمام الاختلاف، وكأن هناك «كونا آخر» على «الجانب الآخر» من الثقب

الأسود. وعند الاقتراب من الثقب الأسود، تتزايد انحناءة الزمكان حتى تبلغ أفق الحادث، الذي لا نستطيع أن نرى ما وراءه، ومع ذلك، إذا واصلنا متابعة انحناءة الزمكان، يبدو لنا وكأنه ينفتح مرة أخرى على زمكان «مستو» آخر. هل يقتضي ذلك حقا أن الثقب الأسود يربط كوننا بكون آخر لا نستطيع أن ندركه بأية وسيلة أخرى،. أو أن الزمكان في إجماله، كما افترض البعض، اعوج على نحو يقوم فيه ثقب أسود بالربط بين منطقتين منفصلتين انفصالا واسعا من الزمكان في كوننا. وهذه الرابطة الافتراضية بين منطقتين من الزمكان تسمى معبر آينشتين-روزن Einstein-Rosen bridge أو الثقب الدودي wormhole. هل تستطيع المادة التي تتوارى في ثقب أسود أن تعود إلى الظهور في كون آخر، أو في ناحية أخرى من أنحاء كوننا؟ هل تظهر المادة التي تساقط في ثقب أسود في «مكان آخره»؟ هذه الاحتمالات جميعا كانت موضع مناقشة. ومهما يكن من أمر، فان البحث عن طبيعة الزمان بين أفق الحدث وتفردية الثقب الأسود غير الدوار-ذلك البحث الذي قام به م. د. كروسكال M. D. kruskal وآخرون، يثبت بوضوح أن أية مادة تدخل مثل هذا الثقب الأسود تسقط حتما في التفردية المركزية لتتسحق على نحو يند عن فهمنا. وحتى لو كانت الثقوب الدودية موجودة-وهي عرضة للجدل-فإنها لن تتيح أية وسيلة للانتقال الفوري بين منطقة من الزمكان إلى منطقة أخرى، وسوف يتحطم المسافر في التفردية، ولن يعنيه بعد ذلك في قليل أو كثير أن يتناثر حطامه المنسحق من الذرات التي كانت تكونه في شطر آخر من الزمكان!

ومهما يكن من أمر، فإننا لم نتحدث حتى الآن إلا عن الثقوب السوداء غير الدوارة non-rotating. والأجسام الحقيقية في الكون تدور سواء كانت مجرات أو نجوم أو كواكب، ومن ثم، فإننا نتوقع أن تدور الثقوب السوداء بالمثل. وقد نشرت حلول آينشتين لمعادلات المجال المتعلقة بالثقوب السوداء الدوارة في عام 1963 تحت إشراف ر. ب. كير R.P. Kerr ولقد بينت فيما بينت من سمات، أنه ينبغي أن يكون من الممكن-من حيث المبدأ-الدخول إلى ثقب أسود دوار من خلال ممر يتجنب-دون أن يتجاوز سرعة الضوء في أية نقطة-التفردية المركزية، ليظهر-على ما يبدو-في «كون آخر». وذهب البعض إلى الثقب الأسود والدوار يمكن أن يشكل بوابة خروج من الكون الذي نحن

فيه إلى كون آخر أو-ربما-من منطقة زمكان إلى منطقة زمكان آخر في كوننا نحن ذاته. والشيء اليقيني أننا إذا ما تخيلنا صندوقا يسقط إلى داخل ثقب أسود دوار مع تجنب التفردية، وحيث أنه من غير المسموح به الخروج ثانية من هذا الثقب الأسود إذ أن الخروج يقتضي سعة تجاوز سعة الضوء) إلى ما يجاور الثقب الأسود، فإنه ليس من غير المعقول تماما الظن بإمكانية الخروج ثانية إلى«مكان ما آخر».

ولو كان من الممكن استخدام الثقوب السوداء بوصفها وسيلة للسفر الآتي بين أجزاء مختلفة من الكون، إذن لواجهتنا مرة أخري أعجب المواقف وأوغلها في المفارقة. فلنفترض-على سبيل المثال-إننا وضعنا خارطة لطريق مناسب يخترق ثقبا أسود (أو سلسلة من الثقوب السود) فإن طاقم سفينة النجوم يمكن أن ينتهي في أي شطر يشاء من الزمكان. كما يستطيعون حينذاك أن يظهروا في أي نقطة مناسبة من المكان في أي زمان. وسيكون من الممكن بالنسبة لهم أن يهتدوا إلى طريق يتيح لهم أن يعودوا إلى الأرض قبل موعد رحليهم-أو لعلهم يقنعون أنفسهم بأنه لا داعي للقلق على الشروع في الرحلة لأنهم قد قاموا بها فعلا ! بل إن الحالة الافتراضية الأبسط من ذلك من استخدام الثقب الأسود كجسر فوري للوصول إلى نقطة أخرى في الفضاء تثير إمكانية توصيل المعلومات بين نقطتين في الفضاء أسرع مما تستطيع الأشعة الضوئية عبور تلك المسافة، وهانحن قد نظرنا آنفا في المفارقات التي لابد أن تثار عند إرسال إشارة أسرع من الضوء! ولا مفر من التسليم، على كل حال، بأن فكرة استخدام الثقب الأسود كوسيلة لتسليم البريد فكرة غاية في الجاذبية!

هذه المفارقات ينبغي بالطبع تحاشيها لو كان الثقب الأسود يمدنا بوصلة ذات اتجاه واحد إلى زمكان منفصل تمام الانفصال أعني إلى كون آخر. ولو كان السقوط خلال ثقب دوار (أو مشحون كهربيا بكل تأكيد) يعني أن يختفي المرء من كوننا إلى الأبد دون إمكانية العودة، إذن فلن تكون هناك مشكلات تثار عن العلة والمعلول) وإن يكن الظهور المفاجئ في «كون آخر»يمكن أن يزعج السكان الأصليين-على كل حال-إزعجاجا شديدا).

ومن ناحية أخرى، لو أمكن التسليم بهذه الإمكانية، فيبدو أنه لن يكون هناك سبب قوي يدعو إلى استبعاد إمكانية ظهور مادة تنفجر بغتة في

كوننا صادرة عن «ثقب أبيض»، وسيكون ظهور ثقب أبيض حدثا لا سبيل إلى التنبؤ به على الإطلاق، وعدم القابلية للتنبؤ هذه تجعل الثقوب البيض أمرا غير مرغوب فيه في عيون معظم الفيزيائيين.

وجسر الزمكان الذي كان موضع مناقشتنا-وكما بين ذلك ن. د. بيريل N. D. Birrel وب. س. دابليو. ديفيز P.C.W. Davies-ما هو إلا مفهوم مثالي لا يضع في حسبانه الموقف الفيزيائي اللاواقعي للثقب الأسود في الكون. فلو أخذنا في اعتبارنا آثار المادة التي تحيط بالثقب، وآثار الكم أو الكوانطا Quantum فإنهما يستنتجان أن من الأرجح أن هذا «الجسر» المثالي لابد أن يتحطم داخل الثقب الأسود. والثقب الدودي الذي يؤدي إلى كون آخر-شأنه في ذلك شأن كثير من المفاهيم المثالية الأخرى-قد لا يكون له وجود من الناحية العملية. ومع ذلك، فإن هذا الجانب من جوانب الثقوب السوداء يظل منطقة مثيرة سترى بلا شك مزيدا كبيرا من نشاط البحث والنظر، وتستطيع-من حيث الإمكان-أن تكشف عن مزيد من الجوانب للطبيعة المتحولة التي يتسم بها الزمان.

الكون والزمان:

عند هذه المرحلة يمكن أن يشعر القارئ بأن الزمان كم أثيري بحيث بات من المحال بالضرورة إصدار أية أحكام زمنية محددة عن الكون. والواقع أن الموقف ليس بهذا السوء، ويتكشف عن أننا نستطيع أن نحدد نوعا من الزمان الكوني cosmic time يميز تطور الكون.

وحين نطوف بأبصارنا حول الكون نجد أنه يضم بلايين عديدة من المجرات. وما أرضنا سوى كوكب يسافر حول نجم (الشمس) و هو عضو في إحدى تلك المجرات-منظومة تحتوي على مائة بليون من النجوم. وعلى الرغم من أن كل مجرة على حدة تتفاوت من حيث الحجم والبنية، ورغم أنها تنحو إلى الانتظام في جماعات أو عناقيد، على نطاق واسع، فان توزيع المجرات يبدو أنه موحد الخواص في كل الجهات isotropic، أي أننا نرى نفس التوزيع على نطاق واسع للمجرات حيثما وجهنا أنظارنا.

وهناك ملاحظة أخرى أساسية ألا وهي أن كل المجرات-فيما عدا المجرات التي تجاورنا مباشرة والتي تؤلف الجماعة المحلية من المجرات-

تكشف عن زحزحات حمراء في أطيافها وهذه الظاهرة نفسرها على أنها تعني تراجع المجرات عنا، لأن الزحزحة الحمراء مؤشر على السرعة التي تبتعد بها المجرات. وقد اثبت إي، إي. هابل E.E. Hubble في عقد العشرينيات من هذا القرن أن السرعة التي تتراجع بها مجرة معينة تتناسب مباشرة مع بعدها عن الأرض: وكلما كانت المجرة بعيدة، رأيناها أسرع في تحركها. وسرعة مجرة (V) ترتبط بمسافتها D بهذه المعادلة البسيطة، $V = H x D$، بحيث تكون H الثابت المعروف بثابت هابل.

ومع أنه قد يبدو للوهلة الأولى من هذه المشاهدات أن المجرات تتراجع جميعها عنا بخاصة ومن ثم فلابد وأننا في مركز الكون وهو أمر أبعد ما يكون عن الترجيح، إذ أن التمدد الملحوظ للكون يتبدى على أنه متماثل تماما بحيث إن أية مجرة تقوم بالملاحظة منها، فإنك سوف تشاهد الصورة العامة نفسها-أي ستبدو كل المجرات على أنها تتراجع مبتعدة عنك بالذات. (قد يكون من الممكن بالطبع أننا «في المركز»، غير أنه منذ أن خلع كوبرنيكوس الأرض من موقعها المركزي في علم الكون (الكسمولوجيا) في القرن السادس عشر، ونحن نميل إلى النظر بارتياب لأية ملحوظة أو نظرية تضفي على الأرض وضعا فريدا مميزا في خطة الأشياء.)

ونظرا للاتساق الملحوظ الواسع النطاق وتوحد الخواص للمادة في الكون (ولأن هذا يجعل الرياضيات أكثر يسرا)، تشيد النظريات الحديثة في الكسمولوجيا على افتراض أن المادة موزعة توزيعا متسقا في أرجاء الكون بحيث تؤلف «طبقة-تحتية أو أساسية» sub-stratum آخذة في التوسع. ويسمى الراصد الذي يكون في حالة سكون بالنسبة للمادة «المتناثرة» بجواره (أي فيما يتعلق بالطبقة-التحتية) راصدا أساسيا. فهو في موقع متميز لأنه يشارك في التوسع المتسق الشامل للكون. ولما كانت المجرات تشارك في هذا التوسع، فإنه من المعقول افتراض أن الراصد القائم في مجرة ما-وعلى سبيل التقريب المقبول-هو راصد أساسي. والمبدأ الكسمولوجي الذي يعد اليوم محوريا في معظم النظريات-هو أن الكون متجانس كما يشاهده راصد أساسي (أي أن كل راصد أساسي يرى نفس الصورة العريضة للكون مع انسياب الزمن)، كما أنه موحد الخواص في كل الاتجاهات (أي أن الكون يبدو واحدا لكل راصد أساسي في كل اتجاه ينظر منه). ليس هناك-

إذن-مركز وحيد للكون، أو «حافة» قابلة للتمييز، ولو كان هناك مركز وحافة، فلابد أن نتوقع رؤية تركيز للمادة في اتجاه واحد (صوب المركز)، وترقيقا للمادة في الاتجاه الآخر (أي صوب الحافة).

من الصعب علينا أن نتصور كونا يخلو من مركز وحافة. وأيا كان الأمر، فإن الزمكان المنحني في النسبية العامة ينفسح لإمكانية أننا نعيش في كون متناه في الاتساع، ومع ذلك لا تحيط به حدود، وهو اخذ في التوسع من أصل مشترك منذ زمن ماض متناه. وهناك مماثلة مشتركة لكون متناه وإن يكن بلا حدود ألا وهي أن نمثل الكون بسطح بالونة فلو أن هناك مخلوقا مسطحا ذا بعدين على سطح كرة، وهذا المخلوق لا يدرى بوجود الاتجاه الرأسي-هذا الكائن لن تكون لديه أية وسيلة لتصور الكرة التي يجلس عليها. ومع ذلك، يستطيع أن يكتشف بالتجربة أن «كونه» متناه ولكن دون أن تحده حدود. ولو انه شرع يمشي في اتجاه معين، واستمر في سيره، فسيعود في نهاية المطاف إلى نقطة بدئه، وسيكون عندئذ قد دار حول كونه دون أن يصل إلى حافة. وهناك مقاييس يستطيع أن يقوم بها بالطبع. بحيث تؤكد له نموذجه الرياضي بأن كونه عبارة عن كرة وإن لم يكن في إمكانه أن يتصور شكل «الكرة» (الكرة توجد في أبعاد ثلاثة، ولكنه لا يدرك إلا بعدين فحسب). وبطريقة مماثلة قد يكون كوننا منحنيا على نحو يجعله متناهيا وبلا حدود، وإن كنا لا نستطيع حقا أن نتصور الموقف.

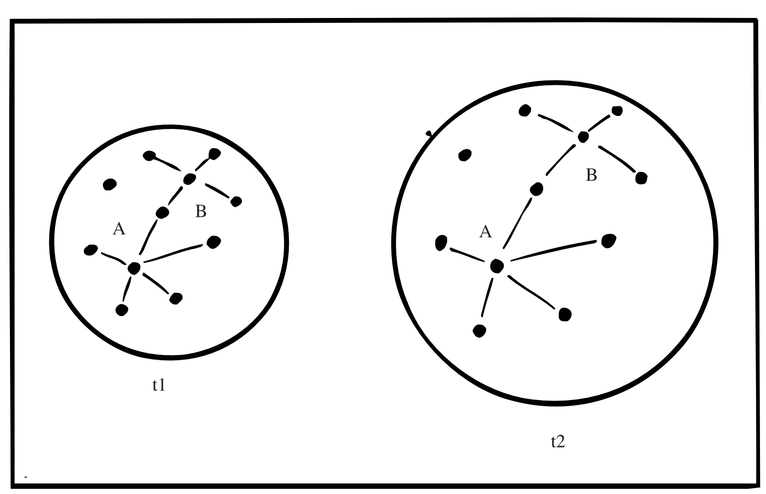
ولو أننا مثلنا المجرات بنقاط ملونة على سطح بالونة، فإن كل مجرة سوف «ترى» الصورة العامة نفسها للكون (ضع في ذهنك أن «داخل» و «خارج» البالونة لا يؤلفان جزءا من فضاء كوننا). ولو أننا وسعنا البالونة، فإن الانفصال بين «المجرات» سيزداد بطريقة متماثلة، إذ تتحرك كل مجرة مبتعدة عن كل مجرة أخرى. وسترى كل مجرة سائر المجرات الأخرى تتحرك مبتعدة عنها هي بالذات، ولكن، من الواضح تماما أن كل مجرة «ترى» الصورة نفسها. ولا تستطيع أية مجرة أن تزعم أنها مركز هذا التوسع. وما يحدث هو أن الفضاء الممتد بين المجرات اخذ في الازدياد، وميزان الكون اخذ في التغير. والواقع أن الفضاء الممتد بين المجرات أخذ يتنامى، غير أن المجرات ما برحت محافظة على الشكل نفسه كل منها بالنسبة للأخرى. فالمجرات لا تتحرك خلال الفضاء، ولكنها تظل ساكنة في فضاء الكون

الآخذ في الاتساع. والراصدون على مثل هذه المجرات هم «الراصدون الأساسيون» الذين أشرنا إليهم آنفا، والذين يحتفظون بحالة السكون بالنسبة للتوسع العام في الطبقة التحتية Sub-Stratum (الذي هو سطح البالونة) المجاورة لهم.

وإذا كان الكون آخذا-على ما يبدو-في التوسع، فمن المعقول أن نفترض إذن أن كل المجرات كانت في وقت ما من الماضي متلاصقة بعضها مع البعض الآخر، وإذا تتبعنا الأمر إلى أبعد من ذلك، لابد أن مادة الكون كلها كانت مركزة معا في كرة نارية شديدة الحرارة من المادة والإشعاع. ومن سمات العصرية الشائعة أن يقبل المرء فكرة نشأة الكون من انفجار هائل شديد الحرارة (ويمكن أن نستنتج ما كانت عليه درجة حرارة هذا «الانفجار الهائل» Big Bang بفحص ما يمكن أن يحدث لو عكسنا توسع الكون وسمحنا للمجرات أن تتساقط بعضها فوق بعض)، كان هذا الانفجار الهائل حدثا متفجرا جعل يقذف بعنف المادة والإشعاع في كل اتجاه-وكان تراجع المجرات نتيجة لعنف الانفجار.

ومهما يكن من أمر، فإن الكون لم يبدأ بوصفه انفجارا لتركيز فائق الكثافة للمادة في فضاء خاو سابق الوجود. وإنما تفترض النسبية العامة بدلا من هذا التصور أن الفضاء قد توسع مع المادة، والواقع أن المكان والزمان نشا معا بحدوث ذلك الانفجار الهائل. وكان الانفجار الهائل حدثا فريدا في الزمكان شبيها بالتفرد الذي نفترض وجوده في مركز ثقب أسود. ومن الممكن استخدام قوانين الفيزياء المعروفة بدرجة من الثقة-قد لا يكون هناك ما يبررها تبريرا كاملا-لوصف ما حدث بدرجة من الدقة تبلغ واحدا على مليون من الثانية بعد «البداية»، ولكننا لا نملك أية معرفة عما حدث قبل ذلك. ولا جدوى من السؤال: «ماذا حدث قبل الانفجار الهائل؟» لأنه يبدو أن المكان والزمان بالمعنى الذي نستخدم به هذين المصطلحين لم يكونا موجودين ببساطة قبل تلك اللحظة. فقد كان الانفجار الهائل هو الأصل الذي نشأ منه الزمان.

فإذا عدنا إلى النظر في أمر الراصدين الأساسيين، الثابتين في أماكنهم بالنسبة لإطار الكون الآخذ في الاتساع، والمبينين على نموذجنا البسيط بنقاط على سطح بالون آخذ في الانتفاخ، فسوف نلاحظ أن كل راصد



تشبيه عن طريق المماثلة للكون المتمدد. إذا ما شبهنا الكون بسطح بالونة، والمجرات بنقاط متناثرة فوق هذا السطح، فإننا نرمز إلى تمدد الكون بانتفاخ البالونة. وهكذا تزداد الفواصل بين المجرات، ويصبح مقاس الكون أكبر. وإذا كان هناك مراقب في المجرة (أ) يقيس المسافات إلى المجرات في إطار تلسكوبه في الحقبة t_1 ثم يعيد القياس في فترة لاحقة في الحقبة t_2، فسوف يبدو له وكأنه في مركز الامتداد نظرا لأن جميع المجرات الأخرى تكون قد ابتعدت هي أيضا عنه. غير أن مراقبا آخر في المجرة (ب) أو في أي مجرة أخرى سوف يستنتج أنه هو الموجود في المركز. وواقع الأمر أن أيا من المجرات لا تملك ما يبرر لها الزعم بأنها تحتل المركز. إذ الحقيقة أن مثل هذا الكون لبث له مركز.

يشاهد نفس المنظر العام للكون كما يشاهده أي راصد آخر في كل مرحلة من مراحل توسع الكون. أو بعبارة أخرى، كل راصد يرى نفس تتابع الحالات التي يمر بها الكون أثناء تطوره، وسيتفق جميع الراصدين الأساسيين على ترتيب الحالات المتعاقبة للكون. ويستطيع كل راصد أن يحدد الزمان بتعاقب الحالات التي يمر بها الكون، ولما كان كل راصد يرى نفس تتابع الحالات، فإن ساعات الراصدين قد تتزامن لتعطى زمانا عالميا مشتركا يعرف باسم الزمان الكوني Cosmic time. وبالنسبة لهذا الزمان الكوني، يكون للحوادث جميعا ترتيب زمني فريد. وأي انحرافات في ترتيب الحوادث يمكن أن تنشأ في النسبية الخاصة إنما تبرز لأننا نتعامل مع راصدين يتحركون بالنسبة لراصدين آخرين بجوارهم. ودون إفراط في الخيال، لو أمكن اعتبار مسافري الفضاء المنطلقين بسرعة مقاربة لسرعة الضوء-وهم في طريقهم من مجرة إلى أخرى-لو أمكن اعتبارهم راصدين أساسيين:

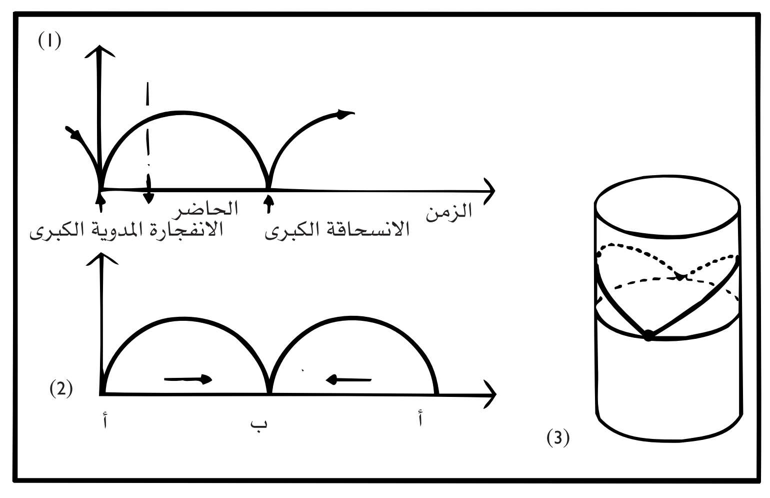
لكان من الواضح أنهم يتحركون بالنسبة للطبقة-التحتية. ولكن، لعل الراصدين من أمثالنا، الموجودين في مجرة، يمكن اعتبارهم راصدين أساسيين مثاليين.

ولكي يوجد زمان كوني مشترك يجب أن يكون الكون موحد الخواص في كل الجهات بدرجة عالية-بحيث يبدو الكون هو نفسه في كل الاتجاهات. وقد ثبت حديثا-من ناحية واحدة على الأقل-أن الكون موحد الخواص في كل الجهات بدرجة عالية حقا. ولو كان الكون-كما تفترض النظرية الراهنة والملاحظة-قد نشأ من كرة نارية شديدة الحرارة من المادة والإشعاع، فينبغي أن يكون الكون كله ممتلئا بخلفية ضعيفة من الإشعاع الذي تخلف عن الانفجار العظيم. وبسبب التوسع الذي حدث منذ الحالة المكثفة القديمة للكون يجب أن يكون هذا الإشعاع قابلا للكشف عنه الآن على هيئة إشعاع ذي موجات دقيقة. وكان أول من اكتشف هذا الإشعاع هما العالمان أ. أ. بنزياس A. A. Penzias ور. دابليو. ولسون R.W. Wilson في عام 1965. وقد فازا عام 1978 بجائزة نوبل في الفيزياء على هذا الإنجاز. وأثبتت الأرصاد اللاحقة لشدته في الاتجاهات المختلفة أن إشعاع الخلفية الكوني موحد الخواص في كل الاتجاهات في حدود جزء من 3000، وهذه درجة عالية جدا في توحد الخواص، وتفضي بنا إلى الاعتقاد بأن كل الراصدين الأساسيين سوف يرون صورة واحدة إذا فحصوا الإشعاع الخلفي. وهذا بدوره يشير بقوة إلى صحة مفهوم الزمان الكوني.

إلى أي مدى يمكن أن نعتبر أنفسنا راصدين أساسيين؟ نحن نتحرك بالطبع من جراء دوران الأرض وحركتها حول الشمس. وبالمثل، تتحرك الشمس حول مركز المجرة، والمجرة نفسها تتحرك بالنسبة للمجرات المجاورة التي تؤلف «المجموعة المحلية». هذه السرعات ضئيلة بالقياس إلى سرعة الضوء. فهل لمجرتنا (أو للمجموعة المحلية من المجرات) أية حركة خاصة (أي فردية) أخرى بالنسبة للطبقة-التحتية؟ إن إشعاع الخلفية الكوني يمدنا بوسيلة لتحديد هذه السرعة-والواقع أنه يقوم بتوفير نوع جديد من «الأثير» نستطيع أن نقيس عليه سرعتنا بالنسبة لمجمل توزيع المادة والإشعاع في الكون. فإذا كانت الأرض تتحرك خلال إشعاع الخلفية، فإن الإشعاع الذي ينتظرنا سيكون مزحزحا «زحزحة زرقاء» blushifted (أي حسب ظاهرة

دوبلر أن ذري الموجات المقتربة ستواجه «ضغطا» من أعلى يؤدي إلى أن يكون طول الموجة المرصودة أقصر من متوسط طول الموجة لإشعاع الخلفية) على حين أن الإشعاع المقترب من الخلف سيواجه زحزحة حمراء (أي سيصل بطول موجة أطول). وتوضح الأرصاد من هذا القبيل أن المجرة تتحرك بالنسبة للإشعاع الخلفي بسرعة قد تصل إلى 600 كيلومتر في الثانية. وهذا المقدار مرتفع بصورة مذهلة، ومن ثم يدعو إلى افتراض أن مجرتنا تتسارع بتأثير عنقود محلي خارق للعادة super-cluster من المجرات. وأيا كان الأمر، تبقى هذه الحقيقة وهي أن هذه السرعة ليست إلا واحدا على خمسمائة من سرعة الضوء، ومن ثم فإننا لم نبتعد كثيرا عن أن نكون راصدين أساسيين مثاليين: ولا ينبغي أن تختلف نظرتنا للكون عن نظرة الراصد الأساسي الافتراضي اختلافا كبيرا.

وحين ننظر إلى إشعاع الخلفية الكوني بوصفه نوعا من «الأثير»، فإننا لا نرتد إلى أثير مكسويل أو إلى الفكرة النيوتونية عن المكان المطلق. ذلك أن حركة الأرض، أو حركة المجرة بالنسبة لإشعاع الخلفية ليست حركة متعلقة بإطار مرجعي مطلق ثابت، ولكنها حركة فعلية بالنسبة إلى ما لعله أن يكون أكثر الأطر طبيعية في الكون، أعني إلى النظام المتوسع المتسق الذي تكون فيه المجرات ككل في حالة استقرار. النظر في الكون المتوسع يفضي بنا إذن إلى فكرة أن الزمان بدأ بالانفجار العظيم، وإلى أننا إذا تخيلنا مجموعة من الراصدين الأساسيين في حالة سكون بالنسبة لنظام الكون المتوسع المتسق، نستطيع أن نضع نظاما للزمان الكوني يتيح لهؤلاء الراصدين أن يحددوا تأريخا فريدا لأحداث الكون. وليس هذا هو «الزمان المطلق» بالمعنى النيوتوني-أي الزمان الذي «ينساب متساويا دون علاقة بأي شيء خارجي»-ولكنه ربما كان أفضل شيء يتلو ذلك! وانحرافات القياس الزمني-أي طول الفترات الزمنية وترتيب الأحداث-تنشأ حين نضع في اعتبارنا وجهات نظر الراصدين الذين يتحركون بالنسبة للراصدين الأساسيين. ولاشك هناك في أن بعثة الفضاء ذات السرعة الفائقة التي لو تمت ومكث فيها أحد التوأمين في البيت، على حين ذهب الآخر وعاد بالسرعة النسبية أي المقاربة لسرعة الضوء، فان رائد الفضاء التوأم سيعود ليجد أن عمره أقل من عمر أخيه المقيد بالأرض. أما مع وجود الزمان



الزمن المغلق والكون المتذبذب.

1- ترى إحدى النظريات أن الكون يتمدد حتى يصل إلى حجم معين ثم ينضغط إلى الداخل؛ وهكذا في دورات منتظمة: والدورة الحالية ليست بالضرورة الأولى ولا الأخيرة-والحقيقة أن الكون يمكن أن يواصل ذبذبته على هذا النحو إلى الأبد (هذا على الرغم من أن شواهد الأرصاد الراهنة لا تدعي هذا الرأي).

2- ويري ب. سى. دبليو. ديفيز أن ثمة إمكانية لأن يكون الزمن مغلقا مثل انشوطة بحيث أنه يمضي في عمليات وقتية لا تماثلية تماما مثلما أن زيادة الأنتروبيا تؤدي إلى النشاط في اتجاهين متقابلين. (على نحو ما هو موضح في اتجاه. الأسهمين) في دورات متعاقبة. ويتمدد الكون مع انفجارة كبرى مدوية عند أ إلى أن يضغط الكون إلى الداخل يعد ذلك حيث تقع «انسحاقة كبرى» عند (ب). وفي الدورة التالية يعود الكون سيرته الأولي، أي إلى نقطة البدء من جديد (أ). وواقع الأمر أن الرسم البياني للدورتين للكون المتذبذب يبينهما يبدوان وكأنهما يطوقان جسيما أسطوانيا، كما هو مبين في 3 بحيث تتطابق النقطان أ التي تكون عندها لبداية.

الكوني فلن يكون ثمة اختلاف في ذلك، لأننا لا نتعامل هنا مع راصدين أساسيين. وبالمثل، فإن الآثار الزمنية العجيبة التي ترتبط-على سبيل المثال-بالثقوب السوداء، لا تتأثر بالوجود الممكن للزمان الكوني، لأننا نتعامل هنا أيضا مع راصدين تتزايد سرعتهم بشدة بالقياس إلى الراصدين الأساسيين في موقعهم المحلي. مازال الزمان متحولا، وكل ما في الأمر هو أن الزمان الكوني يتيح لنا أن نصدر أحكاما معقولة عن تطور الكون ككل.

فماذا عن المستقبل؟ إذا كان المكان والزمان قد نشآ مع حدوث الانفجار

العظيم، فهل ستكون لهما نهاية يوما ما؟ هنا نجد أنفسنا أمام عدد من الممكنات. فلو أن في الكون مادة كافية، فإن القوة الجاذبة المجتمعة للمادة كلها ستكون كافية في نهاية المطاف لإيقاف تراجع المجرات، ولكن إذا كانت كمية المادة غير كافية، إذن فسوف يستمر التوسع إلى الأبد. ومن المسلم به أن سرعة التوسع سوف تتباطأ، غير أنها لن تنخفض حتى تصبح صفرا. ومن الممكن أن نعقد مماثلة مع فكرة سرعة الإفلات: فلو كانت المجرات تتمتع بسرعة كافية (أو على وجه التحديد بالطاقة الموحدة للحركة) فإنها سوف تستمر في الابتعاد، أما إذا لم تكن لها سوى السرعة الكافية فحسب (أعني «سعة الإفلات») فإنها سوف تتحرك إلى مسافة لا متناهية بسرعة تتناقص حتى تصبح صفرا، فإن لم تكن لها سرعة كافية، فإنها سوف تتراجع إلى بعيد لتتلاقى مرة أخرى. والشواهد المرصودة الحاضرة يبدو أنها تبين عدم وجود مادة كافية في الكون تقريبا لإيقاف التوسع وكأنما سوف يستمر الكون في التوسع دون حد: وهكذا يستمر الزمان في جريانه دائما وأبدا. وما برح ثمة شك في الأمر، فلنبحث إذن ماذا سيحدث لو استمر الكون في توسعه ثم بدأ في الانهيار. سوف تسقط كل المادة الموجودة في الكون معا عند نقطة معينة، في نهاية الأمر، وهذا تفرد جديد في الزمكان حيث تتحطم بنية الزمكان كما نعرفها. وفي هذه الحالة، ربما يبلغ المكان والزمان نهايتهما في «الانسحاق العظيم» Big Crunch كما بدآ في الانفجار العظيم.

وهناك نظرية تقترح أنه إذا كان الكون سيتداعى على نفسه، فإنه سوف «ينهض» في«انفجار عظيم» جديد، ومن ثم سوف يدخل في مرحلة جديدة من التوسع. والحق، أن الدورة الحاضرة للكون قد لا تكون هي الأولى، أو الأخيرة، ولعلنا نعيش في كون متأرجح ينبسط وينقبض على نحو دوري. هذه النظرية تتسم بجاذبية خاصة، فلا وجود لبداية فريدة على الإطلاق، ويظل الكون دائما متناهيا في مداه المكاني. وفي نهاية كل دورة، تعاد سيرورة محتويات الكون بصورة كاملة، وتبدأ دورة جديدة تماما بل ويقترح البعض بأن قوانين الطبيعة قد تتغير في دورات متعاقبة بحيث أن بعض دورات الكون تصبح هي وحدها الملائمة لظهور الحياة، والمصادفة وحدها هي التي أوجدت في الحالة الحاضرة علماء في الكسمولوجيا يتعجبون من

هذا الأمر كله. ومهما يكن من أمر، فإن المسألة لا تعدو أن تكون مجرد إيمان بافتراض أن هذه الوثبة ممكنة الحدوث، فربما كان تداعي الكون على نفسه هو نهايته، وقد لا تكون ثمة دورة لاحقة(*11).

ولتعمق المسائل إلى أبعد من ذلك، هل يرجع الزمان أو العمليات الزمنية على أعقابها في مرحلة الانهيار من الدورة، أم أن دورة كاملة من الكون سوف تتبعها دورة أخرى يرجع فيها الزمان «القهقري» على نحو ما؟ وقبل النظر في هذه الإمكانيات، فلنفحص من جديد مسألة «انسياب» الزمان برمتها.

سهم الزمان:

رأينا في بداية هذا الفصل أن فكرة الزمان «منسابا» ليست مرضية تماما. ذلك أن الزمان لكي ينساب، فلابد أن تقاس سرعته في ضوء نوع من الزمان أكثر أساسية، أو أن يكون البديل هو أن ينساب الزمان بالنسبة لنفسه-وهذا باطل منطقيا. والحق، أننا لو قبلنا وصفا زمكانيا رباعي الأبعاد للكون، فسيكون الزمكان مجرد موجود فحسب: إذ لن يستطيع حينئذ أن ينساب. ويحاول الفيزيائيون محاصرة المشكلة بنبذهم لفكرة انسياب الزمان برمتها، وبإحلالهم لفكرة أن الزمان أو السيرورات الزمانية، لا تماثلية(*12) asymmetric.

ومع ذلك، فإننا في وجودنا اليومي على وعي شديد بالانطباع بأن الزمان ينساب أمامنا، ينقضي ويتجاوزنا، وأن المستقبل يتحول إلى الحاضر، وأن الحوادث الحاضرة تصير ماضيا. وفكرة «المستقبل» و «الحاضر» و «الماضي» بأكملها تخضع لانطباعنا اليومي عن انسياب الزمان. وهناك اختلاف عميق بين الماضي والمستقبل يتمثل في أننا نستطيع تذكر الماضي

(*11) كل مناقشة للزمان تعوقها الصعوبات السيمانتية semantic (أي المتصلة بالمعاني). فاستخدام كلمة «لاحقة» subsequent هنا يبدو أنها تتضمن أن الزمان يمضي بمعزل عن «الإنسحاق العظيم» على حين يبدو من المحتمل أن المكان والزمان يتوقفان عند هذه النقطة.

(*12) المسألة العامة للاتماثلية الزمان تناقش-على سبيل المثال-في كتاب «فيزياء الزمان اللامتماثل» تأليف ب. س. دابليوا. ديفيز P. C. W. Davies. مطابع جامعة ساري 1974 Surrey، وعلى مستوى اكثر شعبية للمؤلف نفسه في كتاب «المكان والزمان في الكون الحديث». مطابع جامعة كامبردج، 1977.

(كما نستطيع أن نرى علاقة العلة والمعلول بين حوادث الماضي والحاضر) ولكننا لا نستطيع أن نعلم المستقبل. ربما حاولنا أن نتنبأ بالمستقبل، غير أننا لا نستطيع أن نصدر أحكاما قاطعة عن حوادث المستقبل. وكذلك لا نستطيع أن نتخيل أن أحداث المستقبل يمكن أن تؤثر على أحداث الحاضر. من المؤكد إذن أن هناك لا تماثلية تتسم بها طبيعة الزمان. فإذا تقبلنا هذا التحفظ بأنه من التضليل أن نتحدث عن انسياب الزمان بالمعنى الدقيق، أو عن اللحظة الحاضرة المتحركة، فإنه من المناسب واليسير أن نتصور الزمان على أن له اتجاها، وأن نتحدث عن سهم الزمان بوصفه الاتجاه الذي تنساب إليه اللحظة الحاضرة من الماضي إلى المستقبل.

وكل ظواهر الكون الكبير macroscopic في عالمنا تبين أن سهم الزمان يشير إلى اتجاه واحد-نحو المستقبل. وهذه الطبيعة ذات الاتجاه الواحد للزمان تتبدى بطرق متباينة. فهناك على سبيل المثال-التطور البيولوجي الذي يبدو بلا رجعة irroversible، وقد نشأ وتقدم باطراد على الأرض كنتيجة لسلسلة طويلة من التحولات التي حملتها المصادفة صوب حالات أكثر تعقيدا دائما وأبدا، وفي هذه العملية، تقوم بتغيير بيئة الأرض. ومع تزايد تعقد الكائنات وبيئاتها، فإن المصادفة التي تعمل على إعادة الظروف التي تتيح-مثلا-عودة الديناصورات إلى الظهور على الأرض؛ وقوع هذه المصادفة احتمال ضئيل إلى غير حد. ومن ثم، فإن التطور البيولوجي عملية ذات اتجاه واحد.

أو فلنعد ثانية إلى هذا المثل: نجم ينشأ عن انهيار سحابة من الغاز في الفضاء. ثم عندما يصبح باطنها حارا بما فيه الكفاية، تولد طاقة عن طريق التحولات النووية التي تحول الهيدروجين إلى هيليوم، والهيليوم إلى كربون، وهكذا دواليك. وفي نهاية الأمر، يعاني النجم نقصا في الوقود وينتهي له الأمر إلى أن يتحول إلى قزم أبيض كثيف، بل وإلى نجم نيوتروني أشد كثافة أو لعله يصير ثقبا أسود. غير أننا لا نشاهد العملية العكسية لمثل هذا التحول: فالقزم الأبيض لا يستطيع أن يصبح نجما رئيسيا في السلسلة، ثم يتحلل ليصبح سحابة بدائية من الغاز بين النجوم. والتوسع الملاحظ في الكون الذي ناقشناه آنفا، مثل آخر على العملية ذات الاتجاه الواحد، غير أننا نقف هنا على أرض أقل رسوخا، فعلى الرغم من أن البيِّنه

الحاضرة توحي بان التوسع ينبغي أن يستمر إلى غير حد، فإن إمكانية المرور بمرحلة تقلص في المستقبل لا يمكن أن تستبعد تماما. وكان إي. أ. ميلن E. A. Milne من أوائل العلماء الذين افترضوا أن توسع الكون يحدد اتجاه سهم الزمان (هل يمكن أن ينطوي مثل هذا الافتراض على أن سهم الزمان يمكن أن يتجه اتجاها عكسيا خلال مرحلة التقلص؟).

يفترض القانون الثاني للديناميكا الحرارية كما فسره ل. بولتسمان L.-Bo ltzmann عام 1866، أن أية منظومة مغلقة تتجه إلى حالة هي أكبر فوضى والانتروبيا[13*] entropy (الذي هو مقياس درجة الفوضى) التي تتصف بها منظومة مغلقة لابد أن تميل دائما إلى الزيادة. وعلى سبيل المثال، لو أن لدينا قدرا من القهوة وقدرا من اللبن، فهنا يكون لدينا درجة من النظام من حيث إن هذه القهوة وذلك اللبن منفصل كل منهما عن الآخر. فإذا صببنا الآن شيئا من كل في فنجان وحركنا المزيج، فإننا نحصل في النهاية على قهوة بيضاء، ولا سبيل إلى أن ينفصل هذا المزيج بغتة ليعود إلى مكونيِّة الأساسيين. فلو أن القانون الثاني طبق على الكون ككل، فسوف ينحو الكون بأسره في الوقت المناسب إلى الحد الأقصى من الانتحاء: وعندئذ تستمر النجوم في إشعاع الحرارة، والضوء والطاقة حتى يبلغ الكون كله حالة من

(13*) الانتروبيا entropy كمية استخدمت لأول مرة لتيسير الحسابات ولإعطاء صورة واضحة عن نتائج الديناميكا الحرارية. ويمكن حساب تحولات الانتروبيا بالنسبة للعمليات القابلة للانعكاس فقط، ومن ثم يمكن تحديد معنى الانتروبيا بأنها نسبة كمية الطاقة الحرارية المستنفدة إلى درجة الحرارة المطلقة التي يتم عندها امتصاص الطاقة الحرارية. وانتروبيا النسق مقياس لدرجة الفوضى في هذا النسق. وإجمال انتروبيا أي نسق مغلق لا يمكن أن ينقص مع أي تحول، إنه إما أن يزيد (في العمليات غير القابلة للانعكاس) أو أن يظل ثابتا (في العمليات القابلة للانعكاس). وبهذا فإن إجمالي انتروبيا الكون في تزايد متجها نحو بلوغ أقصى حد له مما يفضي إلى حالة فوضى كاملة للجسيمات فيه-هذا على افتراض أن الكون نسق مغلق. [بنحوين-قاموس العلم-الطبعة الخامسة-1984-مادة entropy] وفي قاموس وبستر تحت مادة entropy يعرف الانتروبيا بأنها في علم الديناميكا الحرارية تعني قياس درجة الطاقة غير المتاحة بعد أن كفت في نسق مغلق. وفي العملية القابلة للانعكاس تظل كمية الانتروبيا واحدة، ولكن في العمليات الطبيعية غير القابلة للانعكاس فإن الانتروبيا تزيد مثلما هو الحال في الكون في إجماله باعتباره نسقا مغلقا. [المراجع].

ويذكر قاموس Ameriacn heritage في تعريف الانتروبيا بأنها قياس سعة نسق ما على تحمل تحول تلقائي على أساس العلاقة ds = dQt حيث ds تحول لامتناهي في القياس لنسق يمتص كمية لا متناهية من الطاقة الحرارية dQ عند درجة الحرارة المطلقة T.

الهلامية يصبح معها كل تغير مستحيلا. هذه الحالة الافتراضية تسمى الموت الحراري للكون، وقد يكون ذلك-إذا استمر الكون في التوسع بغير حد-هو الحالة التي يتجه إليها الكون.

وإذا رجعنا إلى قوانين الطبيعة الأساسية لا نستطيع-على كل حال-أن نجد شواهد على طبيعة الزمان ذات الاتجاه الواحد. ذلك أن قوانين الطبيعة معقولة سواء كان الزمان ينساب «إلى الأمام» أو «إلى الوراء». وعلى سبيل المثال، تصور كرة تقع على الأرض ثم ترتد ثانية إلى نقطة البدء (كرة مثالية!). فلو انعكس اتجاه الزمان سنظل نرى الكرة على أنها تقع على الأرض وترتد إلى نقطة بدئها. فمن المؤكد أن قانون الجاذبية متماثل فيما يتعلق بالزمان. وإذا رصدنا نجما مذنبا يدور حول الشمس في اتجاه معين، ثم انعكس الزمان، فإن هذا النجم سيتبع نفس المدار، ولكن في الاتجاه المضاد. وإذا قمنا برصد هذا النجم المذنب، فإنه يظل يسلك طريقا متسقا مع قانون الجاذبية. فلا شيء هناك يدعو إلى تحديد الاتجاه الذي ينبغي أن ينساب فيه الزمان. ويصدق هذا أيضا على قوانين الكهرو مغناطيسية، والقوانين التي تتحكم في ردود الفعل النووية في نويات الذرات. فالجسيمات الذرية لا تكترث إطلاقا باتجاه سهم الزمان، وليس هناك ما يمكن استنباطه من دراستها بحيث يوحي لماذا ينبغي على الزمان أن «ينساب» في اتجاه دون آخر.

هذه اللامبالاة المطلقة التي تتصف بها الجسيمات الذرية والقوانين الفيزيائية نحو اتجاه سهم الزمان هي ما تعرف بتماثل انعكاس الزمان time-reversal symmetry، يشار إليها بحرف T. ولم يكتنف صحة T أي شك إلا في حالة واحدة مميزة تتعلق بالتفاعل النووي الضعيف

والفيزيائيون النوويون في محاولتهم الكشف عما يسمى عالم الجسيمات العنصرية المركب، يهتمون بتحديد التماثلات، أعنى نماذج السلوك التي تتيح استخلاص شيء له معنى من صورة تثير الحيرة. وهناك في الوقت الحاضر تماثل يحظى بالإجلال والتقدير هو الثابت CPT. وتشير C إلى الازدواج التبادلي للشحنة Charge Conjugation (عملية تغيير جسيم إلى جسيم مضاد) وتشير P إلى التكافؤ parity (التماثل والتكافؤ بين جانبي الطبيعة «إلى اليمين» و «إلى اليسار») ورغم أن كلا من C وP يمكن الإخلال بها

وينتهكان في بعض التفاعلات النووية، فإن هناك شعورا قويا بأن عملية CPT المجتمعة لا يمكن الإخلال بها، أي ينبغي أن يحافظ عليها في كل تفاعلات الجزيء. فإن لم يتم ذلك، إنهار حجر الزاوية في الفيزياء الحديثة. وفي 1964، أثبت ج. كريستتسون J. Christenson وج. كرونين j. Cronin و ف. فيتش V. Fitch و ر. تيرلي R. Turley من جامعة برنستون-أثبتوا أن هناك جسيمات تعرف باسم K. mesons تتحلل بطرائق خاصة مميزة لتكوين جسيمات تسمى بيونات Pions على نحو مخالف تماما لCP، بحيث تؤخذ العمليتان C وP معا. فإذا كان لابد من الحفاظ على Cpt، فذلك لا يتحقق في هذا التفاعل إلا إذا انتهكت T أيضا. وانتهاك CP «يبطل» انتهاك T، بحيث يتحقق الاحتفاظ بالعملية CPT. يبدو إذن وكأن تحلل هذه الجسيمات يثبت أن هناك على الأقل عملية واحدة على مستوى أدنى من الذرة تنتهك تماثل انعكاس الزمان. فيما عدا هذا المثل، لا يوجد شيء في الفيزياء الميكروسكوبية يوحي بأن الزمان لابد أن ينساب في هذه السبيل أو سواها.

نحن إذن-إزاء-ورطة. فمن ناحية، تشير ظواهر الكون على النطاق الواسع إلى أن الزمان ينساب في اتجاه واحد لا غير، ولكن هناك استثناء واحد صغير نجد فيه أن الجسيمات دون الذرية أي مكونات الذرات وقوانين الطبيعة الأساسية لا تكترث أي اكتراث باتجاه سهم الزمان. ومع أن ديفيد ليزر Layzer David استحدث أخيرا نظرية تفترض أن سهم الزمان قد حددته ظروف الكون الأولى، إلا أنه لامناص من الاعتراف بأنه لا يوجد اتفاق عام في الوقت الحاضر على السبب الذي يجعل سهم الزمان يشير إلى اتجاه واحد!

هل من الممكن إذن أن ينساب الزمان إلى الوراء في الكون على النطاق الواسع؟ قد يكون ذلك مضحكا لو أنه فعل. فسوف يتطور الطاعنون في السن متجهين صوب الطفولة، والمباني المنهارة سوف ترتفع من التراب لتستأنف حالاتها الأصلية القديمة، وسوف تتلاقى الأمواج على حبات الحصى التي سوف تقفز في أيدي الناس الذين قذفوا بها ذات يوم إلى الماء، وهلم جرا. وستكون الحياة أشبه بشريط سينمائي يدور إلى الوراء، إذا انعكس حقا اتجاه الزمان. ولا تقوم أية شواهد لتأييد إمكانية وقوع هذا الحدث، كما لا يوجد أي احتمال على أن العمليات الزمنية سوف تعكس

اتجاهها لو أن الكون كف عن التوسع ودخل مرحلة الانقباض.

وهناك إمكانية أخرى ناقشها ب. س. دابليو. د يفيز P. C. W. Davies الذي بحث إمكانية زمان مغلق، حيث يكون الزمان مغلقا كأنشوطة (وهي الإمكانية التي ألمحنا إليها في مستهل هذا الفصل). وقد تصور كونا يتوسع إلى أقصى حجم ثم يتداعى في نهاية المطاف ليدخل في دورة جديدة من التوسع والانقباض كما حدث له من قبل. والنقطة المركزية التي بحثها هي أن اتجاه عمليات زمنية لا متماثلة (مثل زيادة الانتروبيا) تعكس في الدورة الثانية، بحيث يعود الكون في نهاية الدورة الثانية إلى نقطة بدايته، أي بداية الدورة الأولى. وهذا يقتضي ببساطة أن تجرى العمليات الزمنية في اتجاه عكسي عند نهاية كل دورة. ومن الاقتراحات الشائعة التي تقدم بها ديفيز اقتراح بأن يظهر ضوء النجوم الصادر أثناء إحدى الدورات ضوءا منبعثا سيظهر بوصفه إشعاعا خلفيا في الدورة الأخرى. وفي هذا مادة جديدة للفكر بكل تأكيد!

تذييل:

وفي الختام، ما هو إذن وضع الزمان؟ أزيح زمان نيوتن المطلق ليحل مكانه زمان النسبية المتحول. ونحن نرى في النسبية الخاصة أن الفترة الزمنية بين الحوادث يعطي لها الراصدون في الحركة النسبية المتسقة قيما مختلفة، ولكن، طالما ارتبطت الحوادث ارتباطا عليا، أو كان من الممكن ربطها بإشارة لا تتجاوز سرعة الضوء، فإن الترتيب الذي تقع عليه الحوادث يظل محفوظا. أما إذا كان الانفصال في المكان بين حادثين على نحو لا يمكن أن يتحقق الربط بينهما بواسطة شعاع من الضوء، فإن الراصدين المختلفين قد يشاهدون ترتيب الحوادث معكوسا.

ويبدو أنه لا يمكن النظر إلى المكان والزمان على أنهما كيانان منفصلان. وعلينا-بدلا من ذلك-أن نتبع نصيحة منكوفسكي وأن نعامل أبعاد المكان الثلاثة وبعد الزمان بوصفهما بنية رباعية الأبعاد نسميها الزمكان. وتأثير المادة يقوم بتشويه الزمكان وبالتالي تؤثر على المسارات التي تسلكها الأجسام المادية، وأشعة الضوء المجاورة لتلك المادة. ومن وجهة النظر هذه، ترى الجاذبية-لا بوصفها قوة تقوم بدورها فوريا عبر المكان من جسم إلى آخر،

وإنما بوصفها انحناءة الزمكان التي تؤثر على حركة الجسيمات التي تقع داخلها. ونحن نجد من النظرية العامة للنسبية أن السرعة التي يمضي بها الزمان تتوقف على قوة المجال الجاذبي الذي توضع فيه ساعة أو راصد.

وسفر الزمان ممكن، غير أن ذلك لا يكون إلا بمعنى الاتجاه الواحد. فرائد الفضاء الذي يقوم برحلة طويلة إلى نجم بعيد، ذهابا وإيابا-بسرعة تصل إلى نسبة عالية من سرعة الضوء-سوف يعود ليجد أن عددا أكبر كثيرا من السنين قد انقضى على الأرض من عدد السنين التي انقضت في سفينته.

غير أن هذه الرحلة التي قام بها كانت رحلة في مستقبل الأرض. ولا سبيل إلى القيام برحلة في الماضي (على أساس استحالة تجاوز سرعة الضوء). والمسافر بسرعة تقارب سرعة الضوء-لا يستطيع أن يعود إلى حقبة معاصريه التي انقضت على الأرض. وعلى نحو مماثل، يمكن لرائد فضاء أن يقوم برحلة إلى مستقبل الأرض إذا قضى زمنا معينا في مجال جاذبي شديد، ولكن لن يكون هنا أيضا سبيل إلى الرجوع. ذلك أن أمورا غريبة تقع للزمان في السرعات العالية وفي المجالات الجاذبة الشديدة، وهذه أمور لا يدانيها أي شك.

ومع ذلك، يبدو أن الكون من الاتساق وتوحد الخواص بحيث نستطيع أن نضع نسقا للنظام الكوني يتيح لنا أن نؤرخ بصورة مطلقة تسلسل الحوادث التي وقعت منذ تكوين الكون. لقد تولى زمان نيوتن المطلق، غير أن الترتيب الزماني في الكون ليس طليقا من كل قيد.

وعند المستوى دون الذري-أي مستوى مكونات الذرة-ومن حيث يتصل الأمر بالقوانين الأساسية للطبيعة (فيما عدا استثناء واحد قليل الأهمية)، ليس هناك ما يدعو إلى أن ينساب الزمان في اتجاه دون آخر، غير أنه على النطاق الواسع، فإن العمليات التي تجري في الكون يبدو أنها جميعا تشير إلى أن للزمان اتجاها وحيدا. فلماذا يعرض الزمان هذا اللاتماثل الجلي، وماذا يحدث لو أن الإنسان سقط في ثقب أسود دوار، وماذا يتحكم في النظام الزمني لإدراكنا الحسي للحوادث؟ ليس هذا سوى قليل من كثير من الأسئلة التي تنتظر الإجابة. فالزمان أساسي للحياة، وسيظل قضية أساسية للجدل الدائر بين الفلاسفة والفيزيائيين وعامة الناس على السواء. وهذا

الفصل قد دار دورة كاملة. ولعلنا نستطيع أن نقيس الفترات الزمنية بالدقة التي نشاء ولكن يبدو أننا لم نتقدم كثيرا في فهم ماهية الزمان!

إيين نيكلسون

6 قياس الزمن الماضي

المعتقدات الأولى:

تنامي فهمنا للزمان مواكبا لاكتشاف طرائق قياس الزمان وتطويرها لحقب تتجاوز نطاق الخبرة الإنسانية. وقد رأينا في الفصول الأولى أن الجنس البشري ظل-لعدة قرون-على ألفة الأفكار المعنية بتقسيم اليوم إلى وحدات زمنية، وتقسيم السنة إلى فصول أو شهور، غير أن أفكار التغير والنمو أو التطور في العالم الطبيعي صادفت قبولا بطيئا، إذ كان الناس بعامة يفتقرون إلى المهارة في الرصد التفصيلي للتغيرات البيئية الطفيفة. وحتى حوالي قرن مضى، لم تكن هناك موازين دقيقة متاحة لقياس الزمن الماضي أو تفسيره، مع أن الإنسان كان قادرا على تسجيل الحوادث المنتظمة أو المتواترة على مقياس من السنين أو حتى مدى الأجيال الإنسانية. لم يكن هناك مقياس زمني مطلق، وكان كل شيء نسبيا، وكل الإشارات إلى الزمان كانت في حدود التجربة الإنسانية. وكانت معظم الأديان والحضارات تذهب إلى أن الزمان يكرر نفسه أو يمضي في دورات. ومن جهة أخرى كان الفلاسفة الإغريق في الفترة من 500 إلى 300 سنة قبل الميلاد، على ألفة فكرة أن سطح الأرض ليس سكونيا static،

ولكنه يتغير باستمرار. وكانوا يعتقدون أن الزمان يسير في خط واحد وبحثوا في تطور صفحات الأرض، وتطور الحياة. وفي وقت متأخر، كما وصفنا ذلك في الفصل الأول. أكد ظهور اليهودية والمسيحية هذه النظرة الجديدة للزمان بوصفه خطيا ولا يقبل العودة. وكغيرهما من الأديان الأخرى كانت فيهما مفاهيم الخلق (بداية العالم وبداية الزمان) والدمار (نهاية العالم ونهاية الزمان)، غير أن مفهوم الإغريق عن الأبدية حظي بتوكيد عظيم. إذ كانت الأبدية نوعا من الزمان الأعلى supertime لم يفهمه ولم يبدعه غير الله وحده.

وفي الأيدية، يكون للوجود معنى، أما الزمان فليس له هذا المعنى. وكانت فكرة الأبدية حافزا على البحث لدى اللاهوتيين والفلاسفة قرونا عدة، كما أن شطرا كبيرا من الكتاب المقدس كان معنيا بمحاولات تفسير معناها وربما كانت «الأبدية» مجرد لفظ يستخدم لوصف الزمان بمقياس يند عن الفهم البشري: الزمان قبل ظهور الإنسان، وكذلك الزمان فيما وراء نهاية الإنسان، ونهاية كوكب الأرض. ولعل مفهوم الأبدية قد تطور نتيجة لتلك البصيرة المشتركة بأن هناك معيارا زمنيا مطلقا لتاريخ الكون-معيارا زمنيا ذا دلالة أعظم كثيرا من أي معيار زمني نسبي قائم على الخبرة الإنسانية. وقد يكون المقياس الزمني الخطي المستخدم في الجيولوجيا وكثير غيره من العلوم مألوفا لنا، ولكن من الجدير بالتذكر أن أقدم المقاييس الزمنية الخطية لم تخترع إلا منذ أقل من 200 سنة مضت.

وربما كان الفلاسفة الإغريق على علم بفكرة التغير البيئي وتطور الحياة، غير أنهم لم يملكوا تصورا لا عن مقياس زمني نسبي، ولا عن مقياس زمني مطلق. وقد لخص أرسطو (384- 322 قبل الميلاد) آراءهم على النحو التالي: «إن توزيع البر والبحر على مناطق معينة لم يكن كذلك في كل الأزمنة، وإنما صار البحر في أجزاء كانت برا، ثم أصبحت برا حيث كانت من قبل بحرا ... ولما كان الزمان باقيا دائما وأبدا، والكون أبديا، فإن تانيس والنيل لا يمكن أن يكونا قد جريا منذ الأزل.. وهذا هو الحال بالنسبة لسائر الأنهار الأخرى، فهي تنبثق، ثم تبيد ...» وكان أرسطو يعرف أهمية المياه في تشكيل وجه الأرض، غير أنه لم يضع تقديراته لكمية الزمان اللازمة لعمليات التحات وترسيب المواد التي قامت المياه بنحرها. وكان يعلم أن دلتا النيل

أنشأها الترسيب البطيء للطمي الذي جلبه النهر، غير أنه لم يكن يعرف مقياسا لتقدير سرعة الترسيب أو الفترة الزمنية التي انقضت منذ أن بدأت الدلتا في التشكل.

وكان للكتاب الرومان: استرابو Strabo وسنيكا Seneca وبليني Pliny ملاحظات ممتازة عن تغير البيئة وطبيعة الحفريات، غير أنهم كانوا معوقين أيضا نظرا لافتقارهم إلى المقياس الزمني. وهذه المشكلة نفسها واجهت الباحثين العرب من أمثال ابن سينا (1037-980). ودرس ليوناردو دافينشي Leonardo da Vinci عددا من السمات الجيولوجية والجيومورفولوجية وقدم تفسيرا غاية في الدقة للأحافير، ولكنه كان يعاني أيضا من الافتقار إلى إطار زمني معقول لملاحظاته. وبالقبول الواسع للمسيحية في أوروبا الغربية، قام الكتاب المقدس بدور رسمي له سلطانه وسلطته في المناقشات ذات الطابع الجيولوجي والبيولوجي. وقد رأينا في الفصل الأول، أن مقياسا زمنيا مأخوذا من الكتاب المقدس قد أخذ يتطور، وأن بعض الباحثين شاركوا في حساب تاريخ كل عهد من «عهود» الكتاب المقدس. وكان لابد من تفسير سفر التكوين حرفيا. وكانت الكنائس الجديدة التي شيدها عهد الإصلاح البروتستانتي أشد تعصبا في كثير من المناسبات من الكنيسة الكاثوليكية في النظر إلى الكتاب المقدس المترجم حرفيا-بوصفه المرشد لكل تفكير عن التاريخ الطبيعي. وخلال القرن السادس عشر انتشرت أفكار سخيفة عن سطح الأرض وطبيعة الحياة. ولكن ينبغي إلا ننسى أن البحث العلمي الأصيل لم يكن يلقى أي تشجيع رسمي فحسب، بل كان خطير إلى أبعد حد، وكل من تراوده نفسه على التشكيك في سلطة الكتاب المقدس قمين بأن يفقد حياته. ولم تمض مائتان من الأعوام على رحيل ليوناردو دافنشي، حتى انتكس العلم إلى مرحلة من السذاجة المطلقة، ويرجع هذا في الشطر الأعظم منه إلى سلطان الكنيسة المسيحية.

مذهب الكوارث

ظل الاعتقاد شائعا في القرن الثامن عشر بان التغير الذي يطرأ على البيئة إنما يتحقق من خلال سلسلة غير مترابطة من الأحداث الفاجعة. ويستند هذا الاعتقاد على أساس قوي من الكتاب المقدس. وبالطبع كانت

أهم الأحداث الجيومورفولوجية هي الخلق ونهاية العالم (يوم القيامة). ويلي ذلك في الأهمية طوفان نوح، ويتمشى مع المناخ العاطفي لتلك العهود أحداث طبيعية كبرى مثل الزلازل والسيول والعواصف وثوران البراكين- التي ينظر إليها في معظم الأديان على أنها أعمال من تدبير الآلهة.

ومازال هذا التراث باقيا معنا حتى يومنا هذا-فما برح الناس يشيرون الى الكوارث الطبيعية دون اختلاف تقريبا على أنها «مشيئة الإله»، رغم أننا نتطلع إلى الله بوصفه إلها رحيما، لا بوصفه إلها منتقما.

وقد تركز قسط كبير من الانتباه العلمي على طوفان نوح، واستخدم هذا الحدث الفريد لتفسير تشكيل سطح الأرض، وتراكيب طبقات الصخور المترسبة، ووجود الحفريات، وعديد من الظواهر الجيولوجية الأخرى. أما النبتونيون Neptunists (نسبة إلى الكوكب نبتون) بزعامة الألماني أبراهام فرنر Abraham Werner، فكانوا يعتقدون أن الغالبية العظمى من صخور الأرض ألقى بها في بحر كوني، وقدمت تحاليل كيميائية معقدة لتأييد توزيع ذي ثلاث شعب للصخور قائم على ترتيب عملية القذف. وخلال أواخر القرن الثامن عشر بدأ الطوفانيون Diluvialists يدركون أن كل الظواهر الطبيعية لا يمكن تفسيرها باللجوء إلى طوفان عظيم واحد، وبدأت في الظهور تفسيرات أكثر واقعية للزمان الجيولوجي. وتصدى وليم بكلاند Wil iam Buckland-وهو لاهوتي أصبح فيما بعد أستاذا شهيرا للجيولوجيا في جامعة أكسفورد-لبعض مشكلات علم طبقات الأرض stratigraphy-بأن أضاف إلى طوفان نوح طوفانين آخرين شملا العالم كله. وقال جورج كوفييه Georges Cuvier بسلسلة كاملة من الطوفانات الناجمة عن هبوط مفاجئ لقشرة الأرض.

هذه الطوفانات محت الحياة الحيوانية والنباتية في أوروبا دون انقطاع، وبعد كل طوفان ترتفع فجأة قشرة الأرض لتبسط سطحا جديدا من اليابسة يمكن أن تستعمره كائنات عضوية من المناطق الأخرى. ولم تلبث الأفكار الأصلية البسيطة التي تؤمن بالكوارث أن أخلت مكانها شيئا فشيئا لنظريات أشد تعقيدا، وتطورت هذه النظريات قدما بعد أن اضطر العلماء إلى الاعتراف بالتعقيد الشديد الذي يتسم به العالم الطبيعي، والمدى الرحيب الذي احتله الزمان الجيولوجي.

عصر للتنوير:

تسلل إلى علوم الأرض حس واقعي بالزمان من خلال القبول التدريجي لـ «مبدأ الاتساقية principle of uniformitarianism. ويقرر هذا المبدأ الذي نشره جيمس هاتون Yames Hutton عام 1788- أن تكوين الصخور القديم يمكن أن يفسر دون اللجوء إلى أية عمليات خلاف تلك التي يمكن أن تقع تحت الملاحظة المباشرة. وذهب هاتون إلى أبعد من ذلك باعتقاده أن جميع العمليات الجيولوجية التي جرت في الماضي يمكن أن تلاحظ في الوقت الحاضر-وهكذا يمكن تفسير تاريخ الأرض دون اللجوء إلى الكوارث، أو إلى عمليات لا سبيل إلى قياسها أو اختبارها مباشرة. وقبل هاتون بقرن أو يزيد أدرك دنماركي يدعى نيكولاوس ستينو Nicolaus Steno أن الطبقات المترسبة انبسطت طبقة فوق أخرى، وأن أحواض الأنهار الأحدث سنا ترسبت واستقرت فوق الأحواض الأقدم، وأن الطبقات تترسب أيضا على شكل طبقات أفقية. هذه المبادئ التي نشرت قبل أوانها بكثير، وقوبلت بالاستهزاء لأول وهلة-أصبح بالإمكان تفسيرها الآن في ضوء أفكار هاتون، وهكذا ولد علم الجيولوجيا الحديث. وقد أعان خطوات هذا العلم المبكرة المتعثرة مساح إنجليزي يدعى وليم سميث William Smith الذي لاحظ أن «نفس الطبقات توجد دائما على ترتيب واحد وتحتوي على نفس الحفريات المعينة [أي المميزة]» وقد مهدت هذه الملاحظات لقيام المبدأ الجيولوجي المهم الذي يؤكد تعاقب التجمعات الحفرية على مر الزمان الجيولوجي وترابط سلاسل الصخور القائمة على الحفريات. وتعد خريطة سميث الجيولوجية التي رسمها لإنجلترا وويلز وشطر من اسكتلندا ونشرت عام1815 مصدرا عظيما للوثائق الجيولوجية، كما كانت مقاطعه المستعرضة وأعمدته ذات دلالة رائدة. وظفرت الأفكار الجديدة عن الجيولوجيا، والتقدير الجديد لمدى الزمان الجيولوجي واستمراره بمزيد من المعونة من كتابين تركا تأثيرا عميقا. هذان الكتابان هما: توضيحات لنظرية هاتون عن الأرض Illustrations of the Hutton theory of the earth تأليف جون بلايفير John Playfair الذي نشر عام 1802، و «أصول الجيولوجيا» Phinciples of geology الذي أكمله تشارلز لايل Charles Lyell عام 1833. وجعل الكتاب الأول أفكار هاتون متاحة على نطاق واسع بلغة بسيطة، ولكنها علمية، أما الكتاب الثاني فقد عمد إلى

تطوير مبدأ الاتساقية بوصفه المبحث الرئيسي في مرجع ناجح إلى أبعد حد. وما أن حل منتصف الثلاثينيات من القرن التاسع عشر حتى كان القائلون بمذهب الكوارث Catastrophists واللاهوتيون الأصوليون. والطوفانيون، والنبتيون Neptunists ينسحبون جميعا في حالة من الفوضى، ورغم بعض الأفعال التي قام بها حرس المؤخرة من حين إلى آخر، باءت معاركهم بالخسران فعلا. وأصبحت الدراسة العلمية والتقسيم الفرعي للزمان الجيولوجي فرعا محترما من الجيولوجيا بعد عام 1833، وظلت«الجيولوجيا التاريخية» موضوعا رائجا حتى يومنا هذا. وفي الوقت نفسه، تقبل الجيل الجديد من الجيولوجيين التغير التدريجي والتطور بوصفهما مفهومين رئيسيين في دراستهم. وبدأ البحث في الطرائق التي غيرت بها العمليات الطبيعية البيئة، وبدأت تظهر دراسات عن تأثير الأنهار المائية والجليدية وعوامل التحات والتعرية الأخرى. وفي الأعوام الأولى من القرن التاسع عشر، أدرك عدد من الملاحظين من أمثال ينس إسمارك Yens Esmark وإنياز فينتس. سيتن-Ignaz Venetz-Sit ten وجان دوشاربنتييه Jean Charpentier أن الأنهار الجليدية في اسكنديناڤيا والألب كانت فيما مضى أكثر من ذلك امتدادا، وظهرت افتراضات بأن الشطر الأعظم من أوروبا الذي يمتد شمالي الألب كان مغطي بنهر من الثلج المجمد. وكان الداعية البارز لهذه الأفكار هو لوي أجاسيز Louis Agassiz، ولقيت حملته الحماسية لقبول «النظرية الجليدية» تأييدا من جيولوجيين معروفين من أمثال وليم بكلاند William Buckland وأرشيبالد جايكي-Archibald Gei kie. وبحلول عام 1860 تقريبا كان من المعترف به على نطاق واسع أن كلا من أوروبا الشمالية وشطرا كبيرا من أمريكا الشمالية كان مغطى بصفائح من الجليد. كما كانت نظرية عصور الجليد تلقى قبولا متزايدا. وكانت فكرة أن العالم واجه فترات منقطعة من التبريد والتجميد الشديدين-فكرة على جانب كبير من الأهمية، ذلك أنها أعادت إلى أذهان كثير من علماء «الأرض» في القرن التاسع عشر فكرة عدم استقرار مناخ الكرة الأرضية. وأن التقلبات المناخية التي تعاقبت على نطاق واسع والمطلوبة للعصور الجليدية-فسرها البعض على أنها كوارث طبيعية، على حين نظر إليها البعض الآخر على أنها تحولات قصيرة الأمد عن البيئة «السوية» mormal. ولكن، أيا كان

تفسيرها، فقد أصبح من الواضح أن فكرة بقاء الأرض في «حالة ثابتة ومنتظمة» لم تعد صحيحة بعد الآن. وكانت النظرة التي تقدم بها هاتون ولايل عن الزمان الجيولوجي تنطوي على التغير التدريجي، مصحوبا بتحات وترسيب من ناحية، وارتفاع وهبوط في قشرة الأرض من ناحية أخرى للمحافظة على توازن شامل للكرة الأرضية. وفي الرؤية الجديدة لتاريخ الأرض لم يعد الزمان دورة بل سهما: وسلسلة الحوادث منذ بداية الزمان الجيولوجي لا تقبل التكرار أو الرجوع، وأصبح من الممكن تفسير العصور الجليدية على أنها مجرد اهتزازات أو تقلبات تعترض مسيرة السهم.

وفي علوم الحياة، كما هو الحال في الجيولوجيا-انصرفت المؤسسة العلمية نهائيا عن العقائد التقليدية القديمة عقب نشر تشارلز داروين charles Darwin كتاب «أصل الأنواع» The origin of Species عام 1859. ولم يكن داروين أول عالم يقترح انقراض الأنواع وتطورها(*)، والحق أن روبرت

(*) قدم العرب في نهضتهم الفكرية إبان العصر العباسي الأول إسهامات طريفة قيمة فيما يتعلق باتصال الكائنات الحية ببعضها في سلم ارتقائي، وتعد بحق من مواطن النظر الحر والإبداع فيه.
وإخوان الصفا هم أول من تكلم من فرق الإسلام في هذا الشأن. إذ قالوا: إن عالم الجماد والنبات والحيوان مملكة واحدة يفصل بين بعضها وبعض حدود انقلابية دقيقة، وعملوا على تفسير ذلك بأسباب طبيعية خالصة، ورأوا أن الكائن الحي وبيئته كل واحد. ويقولون: «واعلم يا أخي بأن أول مرتبة الحيوان متصل بآخر مرتبة البنات، وآخر مرتبة الحيوان متصل بأول مرتبة الإنسان... فأدني الحيوان وأنقصه هو الذي ليس له إلا حاسة واحدة فقط... أما القرد فلقرب شكل جسمه من شكل جسد الإنسان صارت نفسه تحاكي أفعال النفس الإنسانية».
ويقول إخوان الصفا في ترتيب الموجدات من حيث الزمان أن النبات متقدم الكون والوجود على الحيوان بالزمان.. وهو كالوالدة للحيوان... والحيوانات الناقصة الخلقة متقدمة الوجود على التامة الخلقة بالزمان... وحيوان الماء وجوده قبل وجود حيوان البر بزمان...» وهناك أبو على أحمد بن محمد بن مسكويه الخازني المتوفي عام 421 هـ يحدثنا في كتابيه: الفوز الأصغر» و«تهذيب الأخلاق» عن آراء الحكماء العرب في عصره عن النشوء والارتقاء والارتباط التطوري بين الأفق الأعلى للنبات والأفق الأدنى للحيوان، وارتقاء مراتب الحيوان من الأدنى إلى الأعلى حتى كانت القردة، إلى أن قال إن الإنسان ناشئ من آخر سلسلة البهائم، وأنه احتل أعلى مراتب التطور بفضل النفس الناطقة.
وهناك جابر بن حيان الذي سلك مسلك ابن مسكويه، ومن بعده ابن خلدون الذي حدثنا أيضا عن اتصال الكائنات الحية وارتقائها، والتأثير المتبادل بين الطبيعة والأحياء. إذ يقول في مقدمته: «ثم انظر إلى عالم التكوين كيف ابتدأ من المعادن ثم النبات ثم الحيوان على هيئة بديعة من التدريج، آخر أفق المعادن متصل بأول أفق النبات وآخر أفق النبات مثل النحل والكرم متصل بأول أفق الحيوان مثل الحلزون والصدف.. ومعنى الاتصال في هذه المكونات أن آخر أفق فيها مستعد بالاستعداد القريب لأن يصير أول الذي بعده. واتسع عالم الحيوان وتعددت أنواعه وانتهى في تدريج التكوين إلى الإنسان صاحب الفكر والروية». [المراجع].

هوك Robert Hooke اقترح عام 1705 استخدام الحفريات كمؤشرات زمنية، لانقراض الأنواع وتطورها، والتباين النوعي والتقدم نتيجة لتغير الظروف البيئية، واستنباط التغيرات المناخية باللجوء إلى الحفريات. غير أن داروين، متأثرا بآراء هاتون ولايل الاتساقية تأثرا عميقا-عرض نظريته في التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي على نحو شامل دقيق بحيث كان قبولها حتميا. ونشب صراع فكري عنيف فيما يتعلق بتطور الإنسان كان من شأنه أن يغشى القضايا العريضة المتصلة بالموضوع، غير أن داروين قدم رؤية ديناميكية-لا استاتيكية، للتاريخ ولتطور الحياة على كوكب الأرض، وكانت هذه الرؤية شبيهة إلى حد بعيد بالأفكار الجيولوجية الجديدة عن البيئات وصفحات الأرض الدينامية المتطورة التي تشمل ظهر الأرض. والأكثر من ذلك، أن البيولوجيين وعلماء الآثار وجدوا أنفسهم مجبرين الآن أيضا على قبول فكرة تاريخ طويل تدريجي للأرض لم تكن فيه الكوارث الطبيعية-مثل طوفان نوح-لازمة لتفسير العالم الطبيعي.

تغير الآراء بشأن الزمان الجيولوجي منذ القرن 17 وحتى الآن

السنة	صاحب النظرية	مرجع الاستدلال	العمر المقدر
1664	الأسقف أو شر	شواهد من الكتاب المقدس	4004 ق. م
1800	الكونت دى بوفون	برودة الحديد	75000 سنة قبل الآن
1854	هرمان فون هلمهولتز	سطوع الشمس	20-40 مليون سنة قبل الآن
1897	لورد كلفن	برودة الشمس	20-40 مليون سنة قبل الآن
1908	جولى	الملح في المحيطات	80 مليون سنة قبل الآن
1911	بولتوود-هولمز	التأريخ بالمقياس الاشعاعي	حوالي 2000 مليون سنة قبل الآن
1970	اتجاهات مختلفة	التأريخ في ضوء صخور النيازك والقمر	حوالي 4600 مليون سنة قبل الآن

وما أن حل عام 1900 حتى كانت معظم المفاهيم المتصلة بالزمان الجيولوجي راسخة رسوخا تاما. وأصبح التطور التدريجي لسطح اليابسة، والتراكم التدريجي للرواسب، والتطور التدريجي لأشكال الحياة أجزاء من المعتقد العلمي التقليدي وكان من المعتقد أيضا أن التغير سمة جوهرية من سمات الزمان، والتقدم المرحلي لأشكال الحياة، وتعاقب عصور المناخ، وتعاقب صفحات الأرض-تتطلب جميعا رؤية خطية للزمان تنشأ فيها كل مجموعة

فريدة من الظروف من مجموعة فريدة أخرى من الظروف السابقة عليها.

وكان من المسلم به فعلا أن القوى التكتونية tectonic (المشكلة لتحركات القشرة الأرضية) وفترات تكوين الجبال، ذات أهمية عظمى في تفسير تاريخ الأرض وتاريخ الحياة. ولكن لم يكن من المقبول على نطاق واسع قبل عام 1915 القول بأن القوي الناشئة عن مركز الأرض قادرة على تغيير مواقع كتل الأراضي القارية. وكان من الأيسر قبول التغير المناخي عن قبول نزوح القارات. ولهذا السبب نجد أن نظرية آلفرد فيجينر Alfred Wegener عن تزحزح القارات صادفت استهزاء في أول الأمر، ورفضها جمهور كبير من المؤسسة العلمية. وقد حدث هذا الرفض رغم الحجج المفحمة التي استقاها فيجينر من مجموعة عريضة متباينة من مختلف الميادين، ولم تظفر هذه النظرية بمكانها الذي تستحقه بوصفها إحدى الأسس التي يقوم عليها علم الجيولوجيا الحديث إلا في الستينيات من هذا القرن.

وأصبحت رؤيتنا الآن لأرض متحركة دينامية رؤية شاملة، وعلينا أن نفسر الظواهر الطبيعية-طيلة الزمان الجيولوجي-في سياق العصور المناخية المتغيرة، والبيئات المتغيرة وصفحات في القشرة الأرضية المتغيرة والترتيبات القارية المتغيرة. فقد يكون الزمان خطيا، غير أن هذا الخط لم يكن مستقيما.

نحو مقياس زمني:

ويتضح الدور الرئيسي للزمان في علم الجيولوجيا إذا ألقى المرء نظرة إلى الوراء على تطور هذا الموضوع. إذ شهد القرنان الماضيان على وجه التقريب تقدما لا يخلو من عثرات صوب إقامة مقياس زمني موثوق فيه. وفي بداية الأمر كان التقسيم الفرعي للزمان الجيولوجي مضطربا نوعا ما، وجرى تحديد مختلف أحقاب الصخور على أساس من التناسب فيما بينها. ولأنه لم تكن ثمة وسيلة للتاريخ المطلق فمن ثم كانت المقاييس الزمنية الجيولوجية القديمة مقاييس زمنية نسبية. وكان التقسيم الفرعي للصخور في القرن الثامن عشر الذي وضعه الإيطالي أردوينو Arduino تقسيما بسيطا:

الحقبة البدائية: الصخور البلورية في جوف الجبال،

الحقبة الثانوية: الصخور الرسوبية،

الحقبة الثالثة: الترسبات غير المتماسكة، والحقبة البركانية: الصخور النارية السطحية.

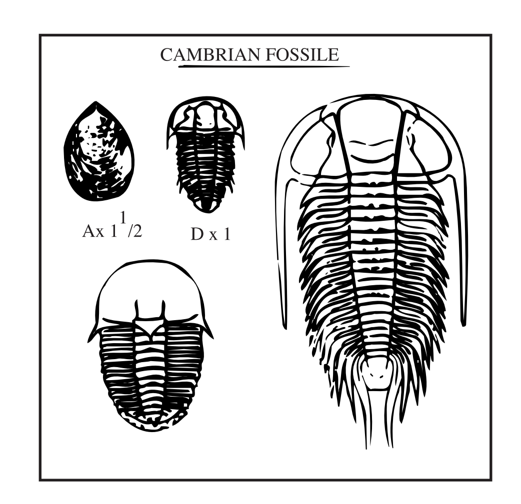
وهناك مؤلفات أخرى استعملت هذه المصطلحات: الأولية والثانوية والثالثة لأنواع الصخور المختلفة، ورغم أن هذه المصطلحات مازالت مستعملة عند الجيولوجيين من حين لاخر، فإنها لاتمت-أصلا-بصلة إلى الحقب الصخرية.

ذلك أن تأسيس مقياس زمني يتطلب مصطلحا أشد من ذلك تعقيدا. وفي فورة مفاجئة من النشاط وباقتفاء القدوة التي ضربها وليم سميث فيما بين عامي 1820 و1840، حددت الوحدات الزمنية الجيولوجية الرئيسية جميعا. وكان الجيولوجيان الإنجليزيان سدجويك Sedguick وميرتشيسون Murchison أبرز الشخصيات في إرساء المقياس الزمني الجيولوجي الحديث. إذ قاما مع آخرين في فرنسا وألمانيا-بتقسيم العمود الجيولوجي تقسيما فرعيا إلى «عصور» لتكوينات صخرية متميزة مثل العصر الكامبرّي Cambrian والعصر والأردوفيسي-Ordo vician والعصر السيلوري Silurian، مستخدمين ما كان قد استقر حينذاك من مبادئ ستينو وهاتون ولايل وسميث. وكان أهم معيار للتعرف على نظام صخري معين هو محتواه من الحفريات، ونتيجة لهذا بلغ علم الإحاثة أو الحفريات القديمة Palaeontology سن الرشد خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر. ولم تطرأ على المقياس الزمني الجيولوجي منذ سنة 1840. سوى تعديلات طفيفة.

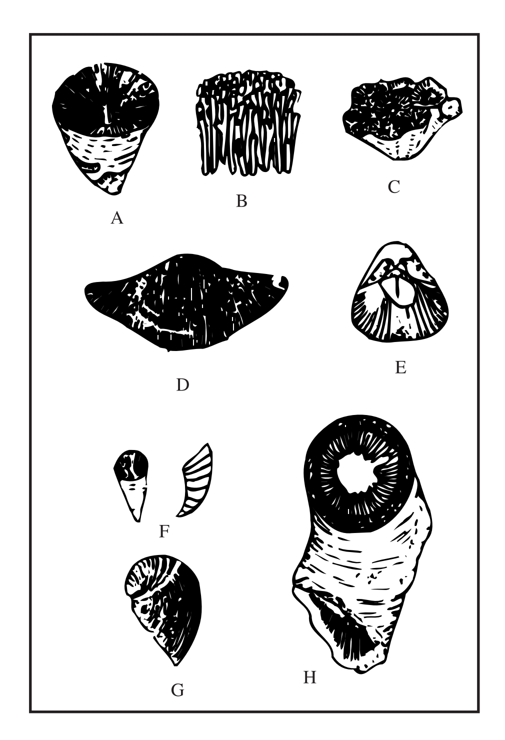
وأصبحت الدهور eras والعصور الرئيسية معروفة بأسمائها الحالية في عام 1840، وكانت ضروب التقدم الرئيسية في الأعوام إلى 140 الماضية لا تعدو معرفة الوحدات الزمنية الأصغر ووحدات طبقات الأرض، والتي يشار إليها بالعصور والأنماط. كما كان هناك أيضا انقلاب تدريجي للمقياس الزمني النسبي إلى مقياس زمني قائم على تواريخ مطلقة.

صفحة الأرض والزمان

في الجيومورفولوجيا geomorphology (علم شكل صفحة الأرض وتضاريسها وتوزع اليابسة والماء) أكد كثير من المؤلفين الثقات في هذا الموضوع دور الزمان. وانعكس مبدأ هاتون عن الاتساقية في فكر العالم



حفريات من العصر
الكمبري



حفريات في طبقات الأرض
من العصر الكمبري

حفريات من الحجر
الجيري

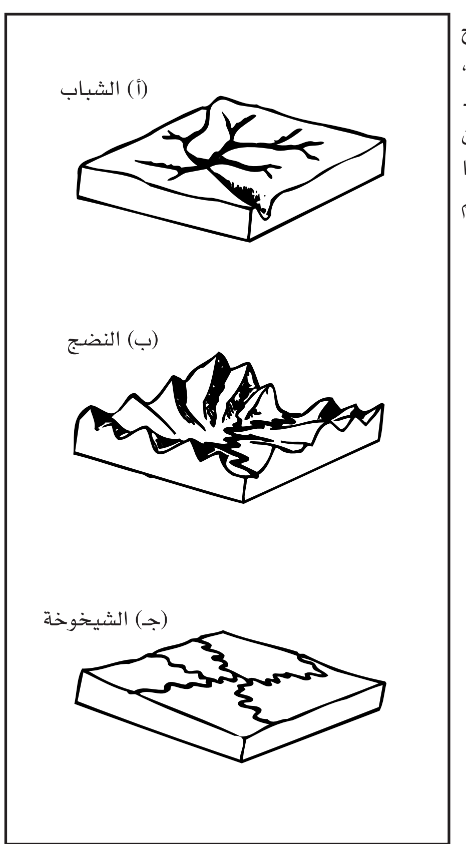
الأمريكي دبليو. م. ديفيز W. M. Davis الذي سيطر على المرحلة التكوينية لعلم شكل الأرض. وأعظم إسهاماته في هذا الموضوع كان «الدورة الجغرافية» التي اقترحها لأول مرة عام 1899 وأخذ ينقحها مرة بعد أخرى بنفسه وبأتباعه ردحا من الزمن يكاد يبلغ نصف قرن بعد ذلك التاريخ. وأساس هذا المفهوم هو أن صفحات الأرض تطورت خلال سلسلة من المراحل التي يمكن تحديدها (سميت على سبيل التيسير. «الشباب» و«النضج» و «والشيخوخة») بحيث تتبع ارتفاعا أصليا في سطح الأرض. وفي مناخ «سوى» Normal، كالمناخ السائد في درجات العرض الوسطى الرطبة، كان التحات الناجم عن المياه الجارية يظن أنه على أكبر جانب من الأهمية، فهو وإن يكن بطيئا، إلا أنه يعمل بكل يقين على تحويل سطح الأرض إلى سهل تحاتي منخفض متعرج. وكان من المعتقد أن المناخ ثابت نسبيا، والأنهار قسمات دائمة للبيئة على نحو طال أو كثر، وكان من المعتقد أيضا أن ارتفاع سطح الأرض لا يقع إلا على فترات متباعدة خلال الزمان الجيولوجي، بحيث تفتتح كل مرحلة من الرفع دورة جديدة من التحات. وقلل ديفيز نفسه من دور المناخ في تطور صفحات الأرض، ووضع أكبر همه على عوامل ثلاثة هي البنية والسيرورة والنمط. وكان من المحتم ألا تلقى هذه العوامل الثلاثة معاملة متساوية على يدي الأستاذ، فانشغل ديفيز وأتباعه بعنصر الزمان في المعادلة. أو بعبارة أخرى أضحى النمط هو أهم ما في الموضوع.

وعلى الرغم من النقائص الضخمة التي تعيب مفهوم الدورة، إلا أنه يقدم لنا طريقة متسقة للنظر إلى شكل الأرض، وكثير من ضروب التقدم التي تحققت في الجيومورفولوجيا في أوائل القرن العشرين ربطت بالدراسات الميدانية التي تمت داخل إطار نموذج ديفيز. ويدل التقدير الفاتر الذي تلقاه أعمال ديفيز في أيامنا هذه على أنه كان هناك توكيد أكثر من اللازم على التأريخ النسبي (أو بعبارة أخرى، التأريخ المبهم) لملامح شكل الأرض وتصنيف أنماط معنية من صفحة الأرض وكان انشغال ديفيز بالزمان سببا في إهمال دراسات السيرورة طيلة عقود عدة، مما أدى إلى وضع افتراضات كثيرة تفتقر إلى الحكمة عن عملية السيرورات الفردية، وعن مدى السيرورات المسئولة عن أشكال وصفحات معينة للأرض. وكان

هناك أيضا ذلك الافتراض الساذج بأن المناخ الرطب الذي يسود درجات العرض الوسطي مناخ «سوي» إلى حد ما، وأن سائر الأجواء المناخية الأخرى، مثل مناخ خطوط العرض القطبية والاستوائية «شاذة» على نحو ما. وحتى أربعينيات هذا القرن. كان أتباع ديفيز مازالوا يشيرون إلى الأجواء المناخية لخطوط العرض العليا على أنها انحرافات أو اختلالات، وإلى التجمد الجليدي بوصفه «عارضا مناخيا». وكان تفكير ديفيز متأثرا-على نحو ما-تأثرا شديدا بفكر هاتون ولايل، اللذين أبرزا عملية السيرورات البطيئة التي لا تسترعى الأنظار على مر الزمان الجيولوجي. وكان مفهوم الدورة يمثل ارتدادا إلى الفكرة القديمة عن الزمان الدوري، حيث تمر البيئة خلال سلسلة من المراحل لتعود إلى الوضع الراهن status quo، مما يحافظ في المدى الطويل على توازن الكرة الأرضية، ذلك التوازن الذي يعشقه أصحاب النظريات.

وفي العقود التي أعقبت وفاة ديفيز، استمرت مدرسة واحدة بالذات من مدارس الجيومورفولوجيا (علم شكل الأرض) في الانشغال بالزمان، ألا وهي مدرسة «تقسيم الزمن إلى عصور في ضوء عمليات التعرية) denudation chronology التي شاعت بالذات في المملكة المتحدة خلال الخمسينيات. وكان كثير من الباحثين في شكل الأرض معنيين قبل كل شيء في تلك الفترة بالتعرف على سطوح التحات القديمة وتأريخها، وكذلك بإعادة بناء الترتيب الزمني للتغير في شكل الأرض. وكان من المفترض في كثير من الأحيان أن كل تحات يصيب السطح يمثل ذروة دورة معينة من التحات، بدأت بنتوءات في القشرة الأرضية واكتملت من خلال عملية السيرورات النهرية على سطح الأرض المرتفعة. وحظيت مدرسة«تقسيم الزمن إلى عصور في ضوء عمليات التعرية» بشعبيتها في المملكة المتحدة من خلال قوة الشخصية التي كان يتمتع بها رجل واحد هو إس. دبليو. وولدريدج S. W. Wooldridge الأستاذ بجامعة لندن.

وتضاءلت بعد عام 1960 دراسات تحات السطوح، وفي رد الفعل الذي تلي ذلك، أصبح الفحص التفصيلي وتفسير السيرورات أكثر أهمية في دراسة صفحة الأرض وفي الولايات المتحدة والمملكة المتحدة، كانت الستينيات والسبعينيات هما العقدان اللذان شهدا دراسات السيرورة والمقاييس والإحالة



صفحات الأرض عبر الزمن نموذج دبليو إم. ديفيز لتطور صفحات الأرض، ويسميه «دورة التحات». لم يحدد مقياسا زمنيا مطلقا. ولكن للقارئ أن يلحظ استخدام مصطلحات يستعملها البشر لتسجيل مراحل دورة حياتهم هم.

الكمية Quantification وكرد فعل على أفكار دبليو. م. ديفيز، حلت الآن نظريات التوازن والحالة الثابتة محل نظرية التغير الدوري الطويل. وانشغل الباحثين بدراسات السيرورة التي تجري على نطاق ضيق وبفكرة «التوازن الدينامي» إلى درجة أنهم نسوا الزمان وبدأوا يفسرون صفحات الأرض في حدود تكاد تقتصر تماما على سيرورات الحاضر التي تعمل باستمرار أو على نحو متقطع، وتحافظ على حالة من التوازن الشامل. وأنكر بعضهم في إصرار أن تكون صفحات الأرض مؤلفة في الشطر الأكبر من أشكال أرضية «للحفريات» نشأت في الماضي وتدل في معظمها على الظروف البيئية التي سادت في الماضي وبدلا من ذلك جعلوا يفسرون كل وجه من أوجه صفحة الأرض على أنه قسمة حديثة.

أما الجيومورفولوجيا في قارة أوروبا فلم تتأثر أبدا تأثرا قويا بفكر دبليو. م. ديفيز، وأهم من ذلك كثيرا كانت النظرية الجيولومورفولوجية «مفهوم تربين» Treppen concept أو مفهوم التدرج التي اهتدى إليها وولتربنك Walther Penck(نشرت عام 1924). هذه النظرية تتعلق بتطور صفحات الأرض نتيجة لارتفاعات تكتونية متقطعة، أعقبها تكوين لزوايا معينة تتسم بها سفوح التلال، ثم «بارتداد مواز» لكل السفوح المستقرة. وكان الظن أن النواتج الأخيرة لارتداد السفوح الموازي يمثل مصاطب عريضة أو أرصفة صخرية تحاتية خفيفة الانحدار Pediments أو سهول عند أقدام التلال تحيط بها مخلفات تحاتية منحدرة الجوانب تنتصب فوقها. وكانت الأمثلة الكلاسيكية هي تشكيلات الجبال المفردة «إينسلبرج» inselberg المنتشرة في كثير من الصحاري الحارة والمناطق شبه-الجافة.

وكانت أفكار بنك عسيرة على الفهم، ولم تنتشر على نطاق واسع في العالم المتحدث بالإنجليزية حتى بعد ترجمة كتابه إلى الإنجليزية عام 1953. وكان أكثر منه شعبية ونفوذا كتاب لستركينج Lester King الذي اقترح أيضا أن يكون ارتداد المنحدر، الذي يتمخض عنه تكون سطوح التحات المستوية أو الأرصفة الصخرية التحاتية خفيفة الانحدار، هو الأسلوب المعياري لتطور صفحة الأرض ونظر إلى البيئة شبه الجافة على أنها البيئة السوية التي تعمل فيها عمليات «الترصيف» بأكبر قدر من الطلاقة. ولم يكن للزمان في نظريات منك وكينج ما كان له من أهمية أساسية عند دبليو. م. ديفيز ومع أنهما كانا معنيين بتطور التضاريس وبالاعتراف بالأنماط بوصفها مؤشرات على الماضي المنقضي إلا أنهما كانا أشد اهتماما بكثير بتفسير سيرورات ارتداد السفح. وكانا-على كل حال-شأنهما في ذلك شأن ديفيز-مذنبين من حيث إنهما وضعا افتراضات غاية في السذاجة عن استقرار المناخ وعن التماثل الجيومورفولوجي بين البيئات المختلفة.

وقام بعض العلماء الفرنسيين والألمان بدراسة البيئة وفق نهج أكثر دقة ومن هؤلاء يوليوس بودل Julius Budel في عامي1948 و1963، والأستاذان تريكار Tricart وكايو cailleu في عدد من الكتب والبحوث التي نشرت في الستينيات، وأسسوا جميعا المبادئ الرئيسية لعلم «الجيومورفولوجيا المناخية» climatic geomorphology. وجوهر هذا النهج في دراسة الجيومورفولوجيا

هو أن كل منطقة مناخية من العالم تهيئ لظهور أشكال وصفحات أرضها الخاصة. وهكذا تؤخذ البيئة على أنها أهم من الزمان. على الأقل في البحث الجيومورفولوجي المناخي البحت. وفي الأعوام الأخيرة، تزايد الاعتراف بأن صنوف المناخ والبيئات ليست أكثر استقرارا من مستويات البحار، وصفحات الأرض وارتفاعاتها عن سطح البحر أو وضع القارات في علاقاتها ببعضها. وتعني أكثر الدراسات حداثة-في إطار الميدان الرحب للجيومورفولوجيا المناخية-بآثار المناخ المتغير، أكثر من عنايتها بافتراض الاستقرار المناخي.

نظرة حديثة إلى الزمان:

تتضمن كل من الجيولوجيا الحديثة والجيومورفولوجيا الحديثة دراسات دقيقة عن الزمان. وتأسيس مقياس زمني نسبي ومقياس زمني مطلق يمثل موضوعا محوريا (وإن لم يكن ذا أهمية شاملة)، ويدرك كل من الباحثين والمدرسين اليوم أهمية التناول المتوازن للدراسات المتعلقة بسطح الأرض المتغير. وثمة اعتراف الآن بأن عمليات السيرورة لا تجري باطراد وفق أي مقياس، ولكنها تتأرجح وتتراوح بغاية من العنف في شدتها وتأثيرها. وفي الوقت نفسه، من المعترف به الآن أن البيئة المناخية دائمة التغير. وهذا التغير قد يكون سريعا تارة، بطيئا تارة أخرى بحيث يتعذر تقديره أو قياسه.

وهناك اتجاه حديث إلى الاعتراف بعمليات جيومورفولوجية هائلة تجريها أحداث متقطعة-كالفيضانات وأمواج المد والجزر والانهيارات الجليدية، والسيول المفاجئة للأنهار الثلجية والثورات البركانية وما شاكل ذلك. وقد يذهب البعض إلى أن في هذا عودة إلى أيام مذهب الكوارث catastrophism، والحق أن بعض الباحثين (ومن أبرزهم بخاصة إيمانويل فيليكوفسكي Immanuel Velikovsky (وهو مفكر له نهجه الغريب المتميز في كتابه «جيشان الأرض» earth in Upheaval وغيره من الكتب) قد استمروا في الدعوة إلى شكل ساذج من أشكال مذهب الكوارث حتى يومنا هذا. غير أن «مذهب الكوارث الجديد» Neo-catastrophismأكثر تعقيدا نوعا ما، لأنه يهتم بالزمان بوصفه موضوعا مركزيا، كما يهتم أيضا بمشكلات مثل حجم الأحداث الجيومورفولوجية وتواترها. فالنظرة الحديثة للجيولوجيا والجيومورفولوجيا

باتت تسلم بأهمية عمليات السيرورة المستمرة، غير أنها تقبل أيضا دور الاختلالات المتقطعة التي تولد تغييرات على نطاق واسع في طبيعة الرواسب أو في ظهور صفحة الأرض. وثمة مفهوم آخر مهم يرتبط بالزمان وهو فكرة التأرجحات البيئية التي تتسم بطبيعة دورية. فهناك رواسب معينة يبدو أنها تترسب بإيقاع معين. أو خلال نبضات بيئية متكررة: فهناك-بمقياس زمني قصير-التجمدات الشتائية، والفيضانات الربيعية: ومواسم الجفاف الصيفية التي تؤثر على تدفق كثير من أنهار العالم (وعلى قدرة نقل الرواسب)، وهناك-على مقياس زمني طويل-عصور العالم الجليدية، التي تتواتر بصورة أقل أو أكثر انتظاما خلال الزمان الجيولوجي. والتعرف على مختلف أطوار موجات التغير المناخي أمر في غاية من الصعوبة، غير أن هنا هو الموضع الذي يمكن أن يسهم فيه الجيولوجيون والجيومورفلوجيون بقسط كبير، كما أنهم يستطيعون أن يتعاونوا مع علماء الأرصاد الجوية وعلماء المناخ في ميدان مازال ناشئا هو ميدان التنبؤ الجوي في المستقبل البعيد. لخصت الفقرات السابقة بعض المواقف التي ظهرت في علوم الأرض من مسألة قياس الزمن. وما برح تقسيم العصور في تسلسلها الزمني موضوعا مركزيا، وهناك الآن انشغال بإرساء مقاييس زمنية مطلقة. فالمقاييس الزمنية النسبية للماضي أسست أسماء الصخور، والتكوينات الجيولوجية ووحدات متباينة أخرى، وهؤلاء الذين تخصصوا في دراسات الزمان عاكفون الآن على تحديد تواريخ مطلقة للعمود الجيولوجي. وهناك عدد من الأساليب الفنية Techniques مكنت العلماء من تحديد التغيرات التي طرأت على ترتيب العقود في عشرة آلاف سنة مضت أو نحوها. وهذا المستوى من الدقة يمتد الآن إلى أبعد من ذلك كثيرا في الزمان. وبعد أن أسس الرياضيون مقاييس زمنية دقيقة لعصور معينة، تراهم يستمتعون الآن فعلا بتحليلاتهم للـ «مقادير» و «التواترات» مستخدمين «التحليل التوافقي» وينفقون قسطا كبيرا من الوقت في التعامل مع آلاتهم الحاسبة! وما فتئت خبرتنا بقياس الزمن الماضي تتسارع بسرعة تكاد تند عن التصديق.

عمر الأرض:

واكبت البحث عن مقياس زمني مطلق موثوق به محاولات عديدة لحساب



منظر نموذجي لجبل مفرد أو ما يسمى انسلبرج وحوله الرصيف الصخري التحاتي (يمثله السطح المستوى)، وجرف أو حافة صخرية شديدة الانحدار أعلاه. وهناك من يرى أن تراجع الجرف هو الآلية العادية التي تتشكل وتتطور من خلالها صفحات الأرض عبر الزمن.

عمر الأرض. فمن الواضح أن تأريخ قاعدة العمود الجيولوجي ذو أهمية حاسمة، وأصبح السؤال «كم يكون عمر الأرض؟» شطرا محوريا من المناقشات التي أعقبت نشر مؤلفات هاتون ولايل وداروين في القرن الماضي. منذ متى قامت عمليات التحات غير المنظورة بتشكيل سطح الأرض؟ وما طول الزمن الذي استغرقته أنواع النبات والحيوان في التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي؟ ومنذ متى كان الإنسان (الذي يصر في عجرفة على اعتبار نفسه مخلوقا خاصا) يسكن كوكب الأرض.

وكانت المحاولات القديمة لتأريخ نشأة الكوكب (الأرضي) محصورة داخل حدود اللاهوت المقدس. ففي عام 1658 حدد كبير الأساقفة، جيمس أوشر James Ussher رئيس كنيسة أيرلندا-السنة التي خلقت فيها الأرض على أنها 4004 قبل الميلاد. وهذا التأريخ المحسوب بالرجوع إلى التقسيم الزمني للعصور في الكتاب المقدس، لقي قبولا واسعا-وإن يكن بعيدا عن الإجماع- عند اللاهوتيين والعامة على حد سواء. فليس لديهم على كل حال منهج

أفضل لحساب طول الزمن الجيولوجي، كما أن معظم الناس ما كانوا يعبأون بهذه المشكلة على كل حال.

وفي بداية القرن الثامن عشر، لم تلبث أفكار جيمس هاتون أن أحدثت أثرها، وتزايد قلق العلماء إزاء قصر مدة الزمان الجيولوجي (أو اللاهوتي) حين شرعوا في البحث عن الترتيب الرياضي في كون عقلاني. وكان هاتون ولايل يتحدثان عن زمان يكاد يكون لامحدودا، وعن الزمان الآتي وعن «كمية الزمان اللامحدودة التي انقضت فعلا». وبذلت محاولات عديدة ساذجة لحساب عمر الأرض باستخدام سرعة الرواسب وسرعة ترسيب الأملاح في المحيطات. وهناك تقدير قائم على ملوحة المحيطات بلغ 90 مليونا من الأعوام، وثمة تقديرات في أواخر القرن الماضي وضعت على أساس سرعة الترسيب تراوحت بعامة بين 20 مليونا من الأعوام و 100 مليون عام وهناك تقدير أو تقديران استثنائيان ذهبا إلى أن عمر الأرض يزيد عن 1500 مليون سنة. غير أن هذه الأرقام كانت المؤسسة العلمية تراها مجافية للدقة وليست جديرة بالنظر. ذلك أن تشارلز لايل، بوصفه واحدا من أكثر الجيولوجيين نفوذا في القرن التاسع عشر-حدد طول الزمن الجيولوجي بأنه 240 مليونا من الأعوام، واعتقد كثير من الناس أن هذا التقدير مبالغ فيه.

ومن العوائق الكبرى التي اعترضت تأريخ نشأة الأرض، كان تدخل اللورد كلفن Lord Kelvrin في المناقشة. وكان كلفن فيزيائيا محترما غاية الاحترام كرس نصيبا وفيرا من الوقت لحساب عمر الشمس وسرعة تبريد الأرض. ولم يكن عمله-بقدر ما يمكن رؤيته-معتمدا على افتراضات مشكوك في صحتها، ولأن حساباته كانت مضبوطة من الناحية الرياضية، ومعصومة من الخطأ في الظاهر، فقد لقيت قبولا على نطاق واسع. وكان الحد الأقصى لتقدير عمر الأرض سبعين مليونا من الأعوام، واستنتج في عام1897 أن الأرض كانت صالحة للسكنى فيما بين عشرين إلى أربعين مليونا من الأعوام. وكان يبدو أن هذا التقدير هو الكلمة الفاصلة في المناقشة، وأصيب أتباع هاتون ولايل وداروين بالفزع، وهذا أقل ما يوصف به موقفهم. كيف تشكل سطح الأرض في مثل هذا الزمن القصير، إذا كان لمبدأ النزعة الاتساقية أي معنى؟ كيف يمكن أن يعمل الانتخاب الطبيعي في فترة قصيرة

لا تعدو أن تكون أربعين مليونا من الأعوام؟ لعل أصحاب مذهب الكوارث كانوا على صواب، قبل كل شيء..

هذا الضغط غير المريح للعمود الجيولوجي لم يستمر طويلا. ففي عام 1896 اكتشف هنري بيكيريل Henri Becquerel النشاط الإشعاعي Radioactivity، وما أن حل عام 1902 حتى كان من المعروف أن عمليات النشاط الإشعاعي تحافظ على إنتاج الطاقة الصادر عن الشمس، وعلى درجة حرارة جوف الأرض. ولم يعد من الضروري النظر إلى الشمس والى الكواكب بوصفها أجراما سماوية آخذة في البرودة، وفي تناقص الطاقة. وفجأة أصبح وجود شمس قديمة هائلة، وأرض أكثر شبابا، بدرجة طفيفة- إمكانيتين متمايزتين، وبدا أن النشاط الإشعاعي هو الذي يمسك بمفتاح التأريخ المطلق. وبحلول عام 1905، كان من المعروف أن عناصر العناصر المشعة تتحلل بسرعات ثابتة، بأن تتحول في كثير من الأحيان إلى عناصر أخرى أثناء هذه العملية. وكان الكشف عن أن الرصاص هو الناتج النهائي الثابت لتحلل اليورانيوم هو مفتاح التأريخ بواسطة النشاط الإشعاعي، وأثبت ب. ب بولتوود في عام 1907 أن نسبة الرصاص إلى اليورانيوم في العصور المختلفة تختلف بمقدار قابل للتنبؤ به وحسب بولتوود عن طريق النشاط الإشعاعي العصور الجيولوجية للصخور التي نعرف عصرها «النسبي» على النحو التالي:

صخور العصر الكربوني: وعمرها 340 مليون سنة:

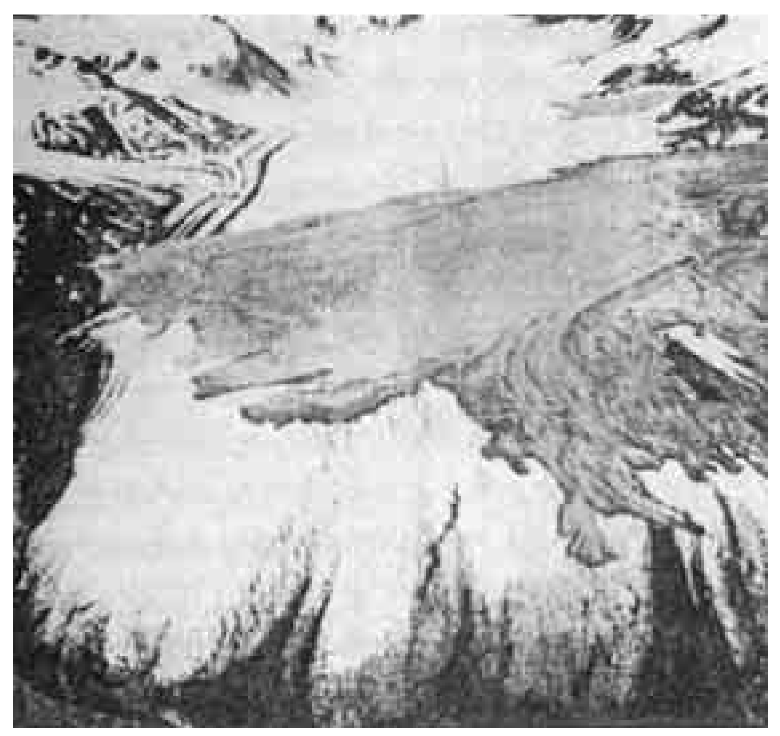
صخور العصر السيلوري أو الأوردوفيسي: وعمرها 430 مليون سنة

صخور ما قبل العصر الكمبرى Precambrian(السويد) وعمرها 1270 مليون سنة.

صخور ما قبل العصر الكمبري (سيلان): وعمرها 1640 مليون سنة.

كانت هذه هي التواريخ التي حددت نهاية عهد «التأريخ الساذج». فمن الآن فصاعدا، لم يعد هناك شك في المدى الهائل الذي يتسع له الزمان الجيولوجي، وأصبح من الممكن لعلماء الأرض أن يشرعوا في المواءمة بين طبقاتهم الأرضية وحفرياتهم، وحقبهم الجليدية وعصور غزوهم البحري وبين مقياس مطلق للزمان الجيولوجي.

ومنذ عام 1907 أمكن تدريجيا صقل المقياس الجيولوجي القائم على



(44) كارثة جيولوجية حديثة: كتل صخرية ضخمة تتدفق في اندفاع عقب انهيار جانب إحدى الجبال فوق نهر جليدي في ألاسكا أثناء الزلزال الذي أصابها في عام 1964.

تحديد الحقب عن طريق القياس الإشعاعي ومن أوائل العلماء الذين شيدوا هذا المقياس الزمني العالم الجيولوجي البريطاني آرثر هولمز أحد رواد الأساليب التقنية الحديثة في حساب التاريخ. وقد نشر فيما بين عامي 1911 و1947 عددا من التحسينات على المقياس الزمني الجيولوجي، غير أن موارده كانت قاصرة عن تأريخ عدد كبير من العينات. وحتى عام 1960 طرأت تعديلات جوهرية عديدة على تاريخ الحدود بين صخور العصور الجيولوجية المختلفة، غير أنه في عام 1964 أصدرت الجمعية الجيولوجية في لندن تصورا نهائيا إلى حد ما للمقياس الزمني. ومنذ ذلك الوقت، ورغم الزيادة الكبيرة في عدد التواريخ التي تم التوصل إليها بالقياس الإشعاعي والتي نشرت بالنسبة لأجزاء متباينة من العمود الجيولوجي، كانت التعديلات التي أدخلت على الحدود الحاسمة طفيفة حقا.

والمقياس الزمني الجيولوجي المبين في الرسم البياني هو أحدث نسخة متاحة، إذ يوضح الأزمنة السحيقة لكثير من التكوينات الصخرية للأرض. وأقدم الصخور الأرضية المعروفة تبلغ من العمر حوالي 800 ر3 مليون من السنين، غير أن أحجار النيازك الحديدية تؤرخ بحوالي 600ر4 مليون سنة من العمر، وكذلك أقدم صخور القمر. وعلى هذا الأساس، من المسلم به اليوم-على نطاق واسع أن الأرض والكواكب شكلت منذ حوالي 4600 مليون سنة، أو ربما . قبل ذلك بقليل. وهذا التاريخ يحدد بداية الزمان الجيولوجي، أما بالنسبة للأحداث التي وقعت قبل 4600 مليون سنة، فإنه يتعين علينا أن نرجع بدقة إلى الزمان الكوني Cosmic Time، الذي التقينا به في الفصل الخامس، ومازال ينتظر مقياسا مناسبا في حاجة إلى التطوير.

ومخافة أن نبدأ في الشعور بأن نظرتنا إلى الزمان الجيولوجي أصبحت الآن مستنيرة وعقلانية تماما، يجب أن نتذكر بأننا لا نعرف إلا القليل وبشكل ملحوظ-عن 85 ٪ من الزمان الذي انقضي منذ مولد كوكب الأرض. ومازالت رؤيتنا للزمان شائهة إلى أقصى حد، ويمكننا أن نوقن أنه ما برح هناك عدد من المفاجآت التي لا نعرف حصرها ينتظر علماء الأرض وهم ينقبون عن الأحداث الماثلة في الأجزاء المنخفضة من العمود الجيولوجي. وهذه الفقرة التي نستعيرها من دون ل. آيشر قد تساعدنا على رؤية الأشياء في منظورها الصحيح: «اضغط ألـ 6ر4بلايين من سنين الزمان الجيولوجي في سنة واحدة. وعلى هذا المقياس تؤرخ أقدم الصخور التي نعرفها بحوالي منتصف مارس آذار.

وتكون الكائنات الحية قد ظهرت في البحر في مايو أيار. وظهرت نباتات اليابسة وحيواناتها في أواخر نوفمبر تشرين الثاني، وتكون المستنقعات المنتشرة انتشارا واسعا والتي كونت رواسب الفحم البنسيلفانية [الكربونية فيما بعد] قد ازدهرت حوالي أربعة أيام في أوائل ديسمبر كانون أول. وسادت الديناصورات في منتصف ديسمبر كانون أول، ولكنها لم تلبث أن انقرضت في السادس والعشرين، أي حوالي الوقت الذي ارتفعت فيه جبال روكي لأول مرة. وظهرت الكائنات الشبيهة بالإنسان في وقت ما أثناء مساء31 ديسمبر...» (الزمان الجيولوجي)، برينتس هول، 1968، صفحة 19).

مناهج التأريخ الجيولوجي

يوجد الآن كثير من أساليب التأريخ الفنية المتاحة لعالم الأرض لتحديد عصور الصخور المطلقة. وأهم هذه الأساليب طرائق التأريخ الإشعاعية التي تطورت من العمل الرائد الذي قام به هولمز وآخرون. وأيا كان الأمر، فإن معظم الأساليب الفنية المستخدمة حتى الآن تقوم بقياس تحلل المواد الإشعاعية في الصخور مع افتراض أن الذرات الأبوية خلقت في الوقت نفسه الذي خلقت فيه الصخور ذاتها. وهذا الافتراض معقول في حالة معظم الصخور النارية وبعض الصخور المتحولة؛ ولكن، لما كانت معظم الصخور المترسبة مكونة عادة من مواد مشتقة من انهيار صخور أقدم، فإن معظم المواد الإشعاعية التي تحتويها تكون أقدم من الرواسب نفسها. ومن ناحية أخري، هناك عدد قليل من النظائر المفيدة المحتواة داخل الكائنات العضوية الحية والميتة، مثل الشعب المرجانية والحيوانات البحرية، والرواسب التي تحتوي على مخلفات عضوية وفيرة يمكن أن تؤرخ أحيانا بالقياس الإشعاعي.

الاستنباط والترابط:

يوجد لدينا اليوم إطار عام دقيق للعصور الجيولوجية الأساسية في العمود الجيولوجي، وبخاصة ذلك الجزء الذي يشار إليه بعبارة «دهر الحياة الظاهرة» Phanerozoic (عمره أقل من570 مليون سنة). ومع ذلك مازال صحيحا أن معظم تكوينات الصخور وطبقات الرواسب تؤرخ عن طريق الاستدلال والترابط، باستخدام الأساليب الفنية ذات الصلة بالتأريخ والقائمة على المبادئ المعتمدة القديمة في علم وصف طبقات الأرض وعلم الحفريات القديمة. والعالم الميداني الذي تجابهه سلسلة من الصخور أو الرواسب يستطيع أن يفسر عصر تكوين معين بتسجيل بعض السمات التالية بوصفها مميزة لذلك العصر:

علم الخصائص الحجرية: الخصائص الداخلية المميزة للمكون، مثل تكوين البنية واللون، والتركيب الداخلي. وهذا يشير إلى أن هذه الصخور إما أن تكون من أصل ناري، أو متحول، أو رسوبي.

البني الأساسية: وهذه البني تشمل التكوين الطبقي، والطبقية المخالفة

Cross-Bedding، والطبقية المتدرجة، والعلامات التموجية، وغير ذلك من الملامح الأخرى التي تتعلق بترتيب المعادن وشظايا الصخور.

علاقات الطبقات بالمقارنة بين بعضها البعض: وهذه تشير إلى تعاقب الطبقات أو العلاقات القائمة بين التكوين الصخري موضوع البحث والتكوينات الفوقية أو التحتية.

اللاتوافقية في التكوين الطبقي: تقطعات في تعاقب الطبقات مما يشير إلى أن كل الطبقات الأصلية ليست جمعيها لا تزال موجودة. إذ يحدث في كثير من الأحيان أن عصرا من التحات يزيل شطرا من التسلسل الصخري وإذا سطح التحات ذاته يطمره المزيد من الطبقات الصخرية مع استمرار الترسيب. وفي بعض الأحيان فإن الصخور المائلة أو المشوهة تفصلها لا توافقية سطح التحات عن طبقات عليا أصغر عمرا وأقل تشوها.

بنى قطعية متعارضة: هذه البنى إما أن تكون صخورا نارية تنحشر بين صخور أخرى (مثل السدود الصخرية وصخور الباتوليت النارية التي تقطع دون تمييز طبقات موجودة من قبل) أو تكون تصدعات تشوه تراص طبقات الصخور. وهذه البنى تكون دائما أحدث من الصخور التي أصابها التأثير.

الحفريات: لو أن هناك أية شواهد على حياة فيما قبل التاريخ في تسلسل صخري، فيمكن استخدام مبادئ علم الحفريات القديمة لتحديد التواريخ ذات الصلة بالطبقات الصخرية المحتوية على بقايا متحجرة. ويجري التأريخ على أساس من أنماط أشكال الحياة المعروضة، ووفرة أنواع معنية، إلخ.

وباستخدام المبادئ السابقة، يستطيع الجيولوجي البارع أن يقدر في كثير من الأحيان عمر التكوين الصخري المعين في حدود 20 مليون سنة تقريبا. وهو قادر عادة على تأريخ الصخور بنسبتها إلى عصر جيولوجي معين، أو حتى إلى حقبة epoch بعينها. وفي بعض الحالات حين يكون للتكوين الصخري طابع مميز (على سبيل المثال لون أحمر بارز في متتالية من الصخور التي يغلب اللون الرمادي على الشطر الأكبر منها) أو إذا كانت تحتوي على نبات ينتمي إلي «أحافير دالة» متميزة، يكون التأريخ ممكنا في حدود خمسة ملايين من السنين. وإذا كان هناك على مقربة تكوين صخري مغطى بطفح بركاني يمكن تأريخه بوسائل القياس الإشعاعية، فمن الممكن

تحديد تاريخ دقيق لهذا التكوين الصخري حتى لو لم يكن هو نفسه مغطى بالطفح البركاني. وفي هذه الحالة ينبغي أن يكون الجيولوجي على يقين- بالطبع-فيما يتعلق بالاستمرار الجانبي للتكوين، إذ توجد أمثلة كثيرة على صخور تتمتع بتماثلات فيزيائية قوية، ولكنها تنتمي إلى حقب شديدة الاختلاف.

وفي كثير من المناطق التي تتصف بالتعقيد من حيث الجيولوجية والبنية يصعب تحديد «بطاقات زمنية» لمتتاليات صخرية بمجرد اللجوء إلى المبادئ التي وصفناها آنفا. وفي مثل هذه الحالات هناك طرائق أخري متاحة الكشف عن الترابط وتأريخ الصخور.

وتستخدم مناهج علم المناخ الخاص بالعصور القديمة Paleoclimate في كثير من الأحيان. فإذا كان الجيولوجي قادرا على التعرف على سلسلة من التغيرات المناخية أو البيئية المتعاقبة في التكوين الصخري موضوع الدراسة، فقد يكون قادرا على «مواءمة»هذه السلسلة من التغيرات مع مناطق قريبة يكون فيها تعاقب الوصف الطبقي معروفا على نحو افضل، ومن ثم، إذا وجد أن السحنة الصخرية والحفريات تشير إلى ظروف واضحة سادت فيها المياه الدافئة وأعقبتها ضحالة في البحر وتسلسل في تغير البيئات يتراوح ما بين (الشاطئ) الرملي إلى المياه الضحلة الموحلة ودلتا النهر، فقد يعرف بالمقارنة مع مناطق أخرى أنه يتعامل مع الحدود الفاصلة بين سلسلة الصخور الجيرية الكربونية وبين سلسلة الحصى المترسب من أحجار الرحى.

والطرائق التكتونية للتأريخ النسبي مفيدة أيضا. وقد كان هناك عدد من الأحداث الكبرى تمخضت عن تكوين الجبال في فترات تخللت الزمان الجيولوجي، ومن الممكن إرجاع تشويه الطبقات الصخرية في كثير من الأحيان إلى حدث أو آخر من تلك الأحداث. وفي بعض الأحيان نجد مظاهر التواء الصخور مفتاحا إلى عصر الحدث المطلوب. ومن ثم، فإن الصخور القائمة في ويلز الغربية التي لها محاور التواء مصطفة من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي يمكن أن تؤرخ بأنها تنتمي إلى العصر السيلوري أو أقدم من ذلك، حيث إن اتجاه الالتواء سمة لحركة الالتواء الجيولوجية التي نشأت عنها في العصر البدائي جبال اسكتلندا واسكندنافيا والتي يرجع تاريخها إلى حوالي 395 مليون سنة خلت. ومن ناحية أخرى، من

الممكن أن تكون الصخور التي لها محاور التواء متجهة من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي أحدث عهدا بحيث يبلغ عمرها 280 مليون سنة، مادامت قد تأثرت بالمرحلة الآرموريكية Armorican أو الهرسينية Hercynian في تكوين الجبال.

والأساليب الفنية الجيوفيزيائية متاحة الآن في تحديد هوية الصخور التي لا تظهر على سطح الأرضية. وهناك بعض الأجهزة التي تمكن الباحث من التعرف على الطبقات على أساس قدرتها الكهربية على التوصيل Electrical Conductivity ؛ ومنها أجهزة أخرى تستطيع أن تتعقب مرور الموجات الاهتزازية خلال الصخور التي تتبع انفجارات شحنات صغيرة من الديناميت يتم التحكم فيها بعناية. وانحرافات الأمواج الاهتزازية المسجلة على «صفحات مَرْسَمة الاهتزازات» يمكن أن تضاهى بوحدات الصخور المعينة. وباستعمال هذه الأجهزة وغيرها من الأساليب الفنية يمكن للقائمين المهرة على تشغيلها أن يحددوا البصمة أو الطابع المميز لصخرة معينة في عصر معلوم دون أن يتاح لهم التعامل فيزيائيا مع الصخرة نفسها، وهكذا يمكن أن تصبح الأساليب الفنية الجيوفيزيائية نفسها أدوات تأريخ نافعة.

وثمة منهج للتأريخ مفيد بوجه خاص يقوم على هذه الحقيقة ألا وهي أن مغناطيسية الأرض مسجلة فى حنايا الصخور. ففي الظروف السوية، يتجه المجال المغناطيسي صوب الشمال؛ وميل المغناطيسية إلى الخط الأفقي يكون عاليا في المناطق القطبية، موازيا للسطح عند خط الاستواء ومتوسطا فيما بين ذلك من خطوط العرض. ومن ثم، فإنه من زاوية الميل الزاوي للمغناطيسية في العينة الصخرية، يستطيع العالم الجيوفيزيائي تحصيل معلومات عن خط العرض الذي تكونت فيه الصخرة. (وبسبب الزحزحة القارية وغيرها من العمليات فإن هذا «الخط العرضي القديم» قد يكون مختلفا تمام الاختلاف عن خط العرض الذي التقطت منه العينة.)

والسمات المغناطيسية لعينة واحدة لا يمكن أن تستخدم للتأريخ، ولكن من الممكن الحصول على قدر كبير من الشواهد الموحية من السمات المغناطيسية لسلسلة من الصخور في موقع ما. وذلك لأن المجال المغناطيسي للأرض يتجه اتجاها عكسيا من حين إلى آخر، ومن ثم، فإن إبرة البوصلة قد تشير أحيانا إلى الجنوب بدلا من الشمال، مثل هذه الاتجاهات العكسية

تفصل بينها عشرات أو مئات الألوف من السنين.

وهناك الآن سجل شامل لعملية مغنطة الصخور خلال أربعة ملايين والنصف مليون سنة الأخيرة، وإذا أمكن الحصول على نموذج للانحرافات المغناطيسية لسلسلة صخرية معينة، فإن هذا النموذج يمكن مضاهاته على نموذج الانحرافات في المقياس الزمني للمغناطيسية الأرضية وهذا المقياس الزمني قد استقر الآن استقرارا راسخا من خلال التأريخ القياسي الإشعاعي لأنواع الطفح البركاني؛ ومن ثم فإن تاريخ «المواءمة» لشطر من المقياس الزمني يمكن الحصول عليه عادة بالنسبة للصخور موضوع البحث.

التأريخ بالمقياس الإشعاعي

يعد التأريخ بالمقياس الإشعاعي الآن، كما ذكرنا آنفا في موضوع سابق من هذا الفصل، الوسيلة الفنية التي تتمتع بأعظم جانب من الأهمية لتحديد العصور الأساسية للصخور. ومن بين عشرات النويدات(*1) ذات النشاط الإشعاعي التي تحدث في الطبيعة، زودتنا أربع منها فحسب بجميع الحقب المقيسة بالإشعاع بالنسبة للصخور القديمة. وهذه هي اليورانيوم-235، واليورانيوم-238، والروبيديوم 87- والبوتاسيوم-40. أما النويدات الأخرى ذات النشاط الإشعاعي فليست مستخدمة على نطاق واسع لأنها نادرة للغاية، أو لأنها تتحلل ببطء شديد بحيث لا تكون صالحة للاستعمال حتى بالنسبة لأقدم الصخور، أو لأنها تتحلل بسرعة أكثر من اللازم.

والسمة الحاسمة للنظير المشع المستخدم في تأريخ الصخور هي عمر النصف أو أمد الانتصاف half-life إذ أن لكل نظير مشع أمد انتصاف فريد، وعملية فريدة ومعقدة لإنتاج نويدة وليدة (أي النويدة التي تتولد عن تحلل النويدة الأصلية). وعادة ما يكون أساس المنهج التأريخي هو قياس نسبة النويدات النتوج الى النويدات الوليدة الموجودة في الصخرة، ومن المفروض دائما أنه عند بداية تكون الصخرة لا يوجد بها سوى الندويدات النتوج ثم تبدأ بعد ذلك مباشرة عملية الانحلال وتكون النويدة الوليدة.

والتأريخ باليورانيوم-الرصاص يستخدم الآن على نطاق واسع في تحديد

(*1) النويدة: Nuclide ذرة متميزة بتركيب نواتها وانحلالها الإشعاعي: حجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية-مكتبة لبنان-الطبعة 6 [المراجع].

أعمار الصخور وكل يورانيوم يحدث على نحو طبيعي يحتوي على يورانيوم-238 ويورانيوم-235، وهاتان النويدتان الإشعاعيتان المنفصلتان تمكننا من عمل مراجعة دقيقة في تحديد أعمار الصخور. ولقد استخدم التأريخ باليورانيوم والرصاص لأول مرة بالنسبة لمعادن اليورانيوم مثل معدني البتشبلند Pitchc blende واليورانينايت unaninite، غير أن هذين المعدنين من الندرة مما أدى إلى تقييد تقنية استخدامهما. وعندما تطورت المناهج الدقيقة في قياس الكميات الضئيلة جدا من اليورانيوم والرصاص، أصبح من الممكن استخدام معدن الزيركون Zircon المنتشر على نطاق واسع، وقد أسهم هذا إسهاما كثير في توسيع إمكانيات منهج اليورانيوم-الرصاص ليشمل الصخور النارية في كثير من المناطق المختلفة، ونتيجة للتحلل الإشعاعي، فإن المعادن المشتملة على اليورانيوم تعمل باستمرار على تراكم الرصاص، والقياس الدقيق لمقادير اليورانيوم والرصاص الموجودة في المادة تشكل الأساس الذي تقوم عليه طريقة التأريخ. وتقاس المقادير النسبية للنظائر المشعة الفردية، ويصبح في الإمكان حساب أعمار الصخور من نسب اليورانيوم-238 إلى الرصاص-206، أو من اليورانيوم-235 إلى الرصاص-207، أو الرصاص 206 إلى الرصاص-207. وعلى سبيل المراجعة الإضافية، فإنه إذا اتفقت-بالتقريب-الأعمار المحسوبة بالنسبة لعينة واحدة باستخدام كل من هذه النسب، فيقال عنها إنها متوافقة وإنها من المحتمل أن تكون صحيحة.

والتأريخ بالبوتاسيوم والأرجون Argon مفيد فيما يتعلق بجميع أنماط الصخور التي تحتوي على معادن حاملة للبوتاسيوم، مثل البيوتايت biotite والمسكوفايت muscovite والهورنبلند hornblende والجلوكونايت-glauc nite. وفضلا عن ذلك، فإن صخورا بأكملها يمكن تأريخها. ونظير البوتاسيوم الإشعاعي الذي يحدث على نحو طبيعي هو بوتاسيوم 400 الذي يتحلل لتكوين كالسيوم-40 وآرجون-40. وحساب النسبة بين بوتاسيوم-40 وارجون-40 يمدنا بتواريخ للصخور القديمة. أما بالنسبة للصخور البركانية الحديثة العمر، فإن من الممكن قياس كميات دقيقة من ارجون-40 بواسطة فحص الصخرة كلها. وقد أمكن الحصول على التواريخ الموثوق بها والحديثة العهد التي ترجع إلى 100000 سنة، وفي ظل ظروف مثالية يصبح من الممكن يقينا

تحديد تاريخ الحمم البركانية ذات الحبيبات الدقيقة والحديثة العهد التي يقدر عمرها بأربعين ألف سنة.

وطريقة الروبيديوم-سترونتيوم في التأريخ تقوم على قياس نسبة النظير الإشعاعي روبيديوم-87 إلى نتاجه الوليد سترونتيوم-87. ويعد معدني الميكا وفلسبار البوتاسيوم أنسب المعادن لتحديدات الحقب بواسطة الروبيديوم-سترونتيوم، ويمكن مقارنة النتائج عادة بالتواريخ التي تتحدد عن طريق البوتاسيوم-ارجون بالنسبة للعينات نفسها. ومعظم الصخور التي تحدد تاريخ أعمارها عبارة عن صخورا نارية قديمة، غير أن هذه الطريقة تبدو مفيدة بوجه خاص لتأريخ الصخور المتحولة (تلك الصخور التي هي في الأصل إما رسوبية أو نارية-قد تم «تحولها» بواسطة الحرارة أو الضغط أو بهما معا خلال اندساسها داخل قشرة الأرض). وكذلك يمكن تأريخ الصخور الرسوبية التي تحتوي على الجلوكونايت.

وهناك منهجان رئيسيان لتأريخ الرواسب البحرية التي ترجع إلى الماضي الجيولوجي القريب. المنهج الأول هو منهج الثوريوم-230 (الذي يمدنا بتواريخ ترجع إلى عدة مئات الألوف من السنين) والمنهج الثاني هو منهج الثوريوم-230/بروتاكتينيوم-231 (وهو مفيد في الحقب التي لا تزيد عن 150,000 سنة).

وثوريوم-0 23 هو الناتج المتحلل عن اليورانيوم-238، وهو في البحر يترسب بسرعة ويتحد مع رواسب قاع البحر. وهو يتحلل عند أمد انتصاف مقداره75,000 سنة، وتحسب الحقب بحساب درجات تركيز الثوريوم-230 على أعماق معينة في جوف البحر السحيق، ومقارنة هذه التركيزات بدرجة تركيز السطح.

والبروتاكتينيوم-231 ما هو إلا ناتج من انحلال اليوارنيوم-235 الذي يترسب هو أيضا في البحر بسرعة. ولكن يتميز بمعدل سرعة تحلل مختلفة بوضوح عن الثوريوم-230 بحيث أن نسبة الثوريوم-بروتاكتينيوم المحسوبة لعينة معينة مأخوذة من جوف البحر العميق وبمقارنتها بنسبتها عند سطح الراسب يمكن أن تستخدم بمثابة أساس للتأريخ. هذان الأسلوبان الفنيان في التاريخ كانا على جانب كبير من الأهمية خلال العقدين الأخيرين كنتيجة للدراسات المكثفة لأغوار البحر بحثا عن مفاتيح للتغير المناخي في الدهر

(46) الطرق الرئيسية لتحديد العصور بالقياس-الإشعاعي

النويدة النتوج	أمد الانتصاف (سنوات)	النويدة الوليدة	المعادن والصخور التي يؤرخ لها عادة
اليورانيوم-238		رصاص-206	سلكات الزركونيوم. يورانينيت بتشبلند
اليورانيوم-235	4510 مليون	رصاص-207	سلكات الزركونيوم، يورانينيت بتشبلند.
اليوتاسيوم-20	713 مليون	أرجون-40	مسكوفيت (الميكا البيضاء) بيوتيت (الميكا السوداء) هورنبلند. جلوكونيت ساندين. صخور بركانية خالصة
روبيديوم-87	47000 مليون	سترونشيوم-87	مسكوفيت (الميكا البيضاء، بيوتيت أو (الميكا السوداء) ليبودليت، ميكرولين، جلوكونيت، صخور متحولة تماما.

الرابع Era(*2). وإن الدراسات التي أجريت على عينات الرواسب التي عاشت آمادا طويلة والمأخوذة من جميع المحيطات العميقة-تكشف عن تغيرات منتظمة في تجمعات الحيوانات البحرية الدنيا ذات الأصداف المثقبة المعروفة باسم المنخربات سواء على السطح وهى العوالق أو في قاع البحار. ووضع عدد من المناهج للتعرف على البيئات المتغيرة خلال ترسيب أعمدة الرواسب من فحص حفريات هذه الحيوانات البحرية الدقيقة الحجم. وعلى سبيل المثال فإن مقادير من منخربات المياه الدافئة والمياه الباردة يمكن أن تستخدم لتقدير درجة حرارة المياه التي ترسبت عندها طبقة معينة. وهناك نوع واحد من المنخربات يعرف باسم Glo bortalia truncatulanoides يتميز بسمة فريدة هي الالتفاف نحو الشمال في المياه الباردة، والى اليمين في المياه الدافئة، ومن ثم، فإن بيان نسب أشكال الالتفاف من الشمال إلى الالتفاف إلى اليمين يعطي مؤشرا على درجات حرارة المياه حين ترسبت مستويات مختلفة في جوف البحر-العميق.

وهناك منهج آخر واسع الانتشار يستخدم في قياس درجات الحرارة

(*2) الدهر هو أطول المراحل التي ينقسم إليها أحد الآباد Era الجيولوجية. ويقاس مداه بعشرات الملايين من السنين أو بعدد قليل من مئات الملايين من السنين. وهو المدة من الزمن التي ترسبت فيها صخور المجموعة (انظر مجموعة المصطلحات العلمية والفنية التي أقرها المجمع اللغوي المصري-المجلد العاشر لسنة 1968- ص46). المترجم.

المتغيرة التي جرى عندها ترقيد رواسب البحر العميق يرتبط بالنسبة بين النظائر المشعة الثابتة للأوكسوجين-16 والأوكسوجين-18. والنظير المشع أوكسوجين-18 الأثقل متوفر بكثرة في قواقع الكالسيوم الكربونية حين تكون درجات حرارة المياه دافئة نسبيا، ومن ناحية أخرى، يمكن أيضا استخدام التناقص النسبي في أوكسوجين-18 الموجود في المحيطات للبرهنة على إضافة كميات كبيرة من مياه الثلوج الذائبة إلى المحيطات والتي ينتج عنها تبريد تلك المحيطات. والإشارة إلى تحول من الظروف الجليدية إلى ظروف بين دورين جليديين interglacial خلال عصر جليدي (نحن نعيش الآن في الفينة(*3) التي تقع بين دورين جليديين لحقبة جليدية ما فتئت تمضي في تقدمها منذ بضعة ملايين من السنين). وعلى العكس من ذلك، إذا كان هناك غطاء جليدي بيتكون أثناء نمط(*4) stage جليدي فإن نسبة الأوكسجين-18 إلى الأوكسجين 16 تزداد، مادام بخار الماء الذي يتحول إلى ثلج متساقط يستوعب أوكسجين-16 بأيسر مما يستوعب أوكسجين-18.

وهناك مصاعب كثيرة وأسباب لعدم اليقين في تفسير نسب نظير الأوكسجين، وليس أقلها مشكلة تحديد الحقب الاساسية absolute ages للنقاط الرئيسية على منحنى نمطي لدرجات حرارة أعماق البحر. ودراسة نسب نظير-الأوكسجين في رواسب أعماق البحر لا تستطيع بنفسها أن توفر المعلومات عن الأحايين المطلقة، ومن ثم كان لابد من استخدام الأساليب الفنية الأخرى مثل طريقة نظير-اليورانيوم للتأريخ، وكذلك التأريخ على أساس المغناطيسية الأرضية.

قياس عمر الإنسان

التأريخ بالكربون المشع:

من أكثر الأساليب الفنية المستخدمة على نطاق واسع في قياس الزمن

(*3) الفينة moment هي أقصر مراحل الزمن الجيولوجي وأصغر وحداته. ولا يتجاوز مداها بضع عشرات من آلاف السنين. وتتميز بسيادة نوع معين من الكائنات خلالها أو بمرحلة معنية من تأريخ هذا النوع (نفس المرجع المذكور في الحاشية السابقة، ص 47، المترجم.

(*4) النمط هو الوحدة الصخرية من العمود الجيولوجي التي ترسبت في أثناء الحقبة age الجيولوجية وتتميز بأحافير لفصائل وأجناس مميزة من الكائنات الحية يندر أن تتخطاها إلى غيرها من الأنماط (المرجع المذكور آنفا-المجلد العاشر لسنة 1968-ص 48-49).

الماضي طريقة التأريخ بالكربون المشع التي استحدثها في الأصل دابليو. ف. ليبي W. F. Libby. وتقوم هذه الطريقة على قياس مقادير من النظير المشع للكربون-14 في المواد العضوية الميتة مثل الخشب والعظام والقواقع البحرية وفحم المستنقعات والطين العضوي. ويوجد الكربون-14 في الكائنات الحية في جميع أنواع البيئات، وكمية النظير المشع تتوازن مع الكمية الموجودة في البيئة نفسها. فما أن يموت الكائن العضوي حتى يتحلل محتواه من الكربون-14 الذي أمد انتصافه5570 سنة. ولأن أمد الانتصاف قصير جدا على هذا النحو، فإن قياس المتخلف من الكربون-14 مسألة مرهقة إلى أقصى حد، وحتى مع استخدام أكثر الأجهزة تهذيبا فإن الحد الذي يبلغه التأريخ بالكربون المشع لا يتجاوز من مقدار 40000 إلى 50000 سنة قبل الميلاد. ومهما يكن من أمر، فإن هذا القدر يغطى ذلك الجزء من العمود الجيولوجي الذي نحيط بمعرفته أكثر من غيره، إذ يشمل أحدث أجزاء الحقبة age الجليدية الرابعة وتطور النباتات والحيوانات الحديثة والتطور الحديث للإنسان نفسه، والازدهار العظيم لكثير من الحضارات. لامناص إذن من استخدام التأريخ بالكربون المشع على نطاق واسع في مجموعة عريضة من العلوم، من الجيولوجيا والجيومورفولوجيا (علم شكل الأرض) إلى علم التربة Pedolgy وعلم الآثار archaeo1ogy، بل وتاريخ العصر الوسيط. ومقياس الحقبة age بالكربون المشع مقبول الآن على نطاق واسع بوصفه الأساس لمعظم دراسات تقسيم الأزمنة في الأربعين ألف سنة الماضية، أو نحو ذلك ورغم أن لطريقة التأريخ مصادرها الخاصة للخطأ، فقد أدخلت طيلة الوقت تنقيحات تعمل على زيادة دقتها والثقة فيها.

أساليب فنية أخرى للتأريخ

هناك عدد من الأساليب الفنية أو «التقنيات» الأخرى للتأريخ كانت تستخدم لتحديد تواريخ «النهاية الأركيولوجية» archaeological end للمقياس الزمني الجيولوجي. وأيا كان الحال، فلابد من إدراك أن عددا من هذه المناهج يعتمد على معايرة دقيقة قبل أن يكون التفكير فيها ممكنا من حيث أنها تقدم لنا أعمارا «ثابتة لا ريب فيها» للرواسب، أو للمستويات الحضارية. ويستخدم كثيرا التأريخ بالكربون المشع أو بالبوتاسيوم-آرجون في عملية

المعايرة.

والأساليب الفنية الرئيسية التي لا تعتمد على المواد العضوية هي التأريخ في ضوء طبقات الترسب الحولي (أو الموسمي) أو المقذوفات الصخرية البركانية. ورائد المنهج الأول هو السويدي جيرار دوجير Gerard De Gear، واستخدمه من بعده اي. آنتيفز E. Antevs وآخرون غيره في أمريكا الشمالية، ويتطلب هذا المنهج إحصاء، ومضاهاة، طبقات الترسب أو الطبقات السنوية من الرواسب الدقيقة التي ترسبت في المياه بالقرب من حواف الأغطية الجليدية التالفة. وفي دراسته الجديدة والمبتكرة لطبقات الترسب الحولي السويدية، قام دوجير بقياس سمك هذه الطبقات في كثير من المواقع المختلفة، مسجلا هذا السمك على مقياس زمني، ومحاولا المواءمة بصريا بين هذه السلاسل في تتابعها من مواقع متجاورة. و استطاع تدريجيا أن يثبت تسلسل هذه الطبقات المترسبة فوق مسافة تمتد إلى1,000 كيلومتر تقريبا، كما استطاع كذلك إثبات التقسيم الزمني على مدى فترة تمتد إلى الوراء ما يقرب من17,000 سنة. وقد استخدم التأريخ بالكربون المشع منذ عام 1960 لمراجعة التقسيم الزمني الذي وضعه دوجير، وثبت أن هذا التقسيم دقيق للغاية. أما التقسيم الزمني في ضوء المقذوفات الصخرية البركانية فهو دراسة طبقات الرماد المعلوم تاريخها بغية تأسيس تسلسل زمني موثوق به لمنطقة تأثرت بالعمليات البركانية. وقام بمعظم هذا العمل الرائد س. ثورارينسون S. Thorarinsson في أيسلنده حيث كانت هناك سجلات تاريخية لثورانات بركانية على مدى الألف سنة الأخيرة أو نحوها. وهناك طبقات معينة من الرماد (التي قد لا تزيد على ملليمترات قلائل من حيث السمك) يمكن تمييزها على أساس تكوينها المعدني ولونها، فإذا كان تحديد هويتها صحيحا، فانه يمكن استخدامها بوصفها «معلم مستويات» دقيق للغاية يحدد تسلسل المادة المترسبة.

ومن أهم جميع المناهج المستخدمة في توضيح التغيرات المناخية والبيئية على مدى النصف مليون سنة الأخيرة أو نحوها المنهج المعروف باسم علم اللقاح Pal-ynology أو التحليل اللقاحي. وقد استخدم هذا المنهج بخاصة لدراسة المرحلة الراهنة للعصر الجليدي التي تقع بين دورتين جليديتين، غير أنه استخدم أيضا بنجاح لتمييز وتأريخ الطبقات الرسوبية من المراحل

السابقة الواقعة ما بين الدورات الجليدية خلال عصر البليستوسين والغرض الأساسي في هذا المنهج هو أن حبوب اللقاح المحفوظة في الرواسب تعطي صورة معقولة للطابع النباتي المحلي في ذلك الزمان. ذلك أن حبوب اللقاح تتميز بقدرة كبيرة على المقاومة، ومادام من الممكن أن تعيش في الرواسب مثل الخشب الصخري (أو فحم المستنقعات) والطين العضوي لعدة آلاف من السنين، فليس هناك ما يدعو إلى القلق خوفا من أن تختلف تجمعات حفريات اللقاح عن التجمع الأصلي. وبالتعرف على هوية اللقاح وحسابه من الطبقات المترسبة، ينشئ علماء اللقاح رسومات بيانية لهذا اللقاح تبين تركيب أنواع النباتات المختلفة في السلسلة. فإذا فرغوا من هذا، استطاعوا التعرف على الطبقات المميزة للمناخ الدافئ والمميزة للمناخ البارد المطمور فيها تجمعات اللقاح، وكذلك الطبقات التي تشير إلى ملوحة المياه الزائدة، وغطاء الغابات المتزايد، وما شاكل ذلك. كما يمكن أيضا تحديد المناطق التي تميز أزمنة التغير المناخي. والآن، وبعد سنوات عديدة من الدراسة أصبحنا نعرف جيدا تجمعات اللقاح المميزة المتخلفة عن المراحل الجليدية المختلفة والمراحل الواقعة بين دورات جليدية في أوروبا وأمريكا الشمالية. كما تحققت المعايرة أيضا من خلال استخدام التأريخ بالكربون المشع، ومناهج أخرى للتأريخ محققة وموثوق بها بحيث أن الرواسب الجديدة التي تخضع للفحص يمكن أن تؤرخ في معظم الأحيان على نحو موثوق به تماما، على أساس تجمعات اللقاح الموجودة فيها.

وكما أشرنا في مستهل هذا الفصل، هناك حفريات أخرى تستخدم على نطاق واسع لتأريخ الرواسب، حتى لو لم تكن متماسكة. وقد تحتوي الرواسب الحديثة على رخويات بحرية، وعلى عظام حيوانات، وقرون الوعول، ومخلفات الأسماك، وأغصان وأوراق الشجر، بل قد توجد حشرات، كالخنافس مثلا. كل هذه الأشياء استخدمت في دراسات متصلة للتغير البيئي، ذلك لأن لكل نوع من أنواع النبات أو الحيوان بيئته المفضلة، ولبعض الأنواع شروط بيئية حساسة بوجه خاص، بحيث تشير هذه الشروط إلى درجات حرارة للهواء والماء في حدود درجات قلائل، أو تبرهن على أن شروط الرطوبة المعنية أو الملوحة قد تلاءمت بالضبط في الوقت الذي تكونت فيه الرواسب. أما مع التحليل اللقاحي فما أن يثبت معيار لتغير

الأنواع في منطقة معينة، وما أن تتم معايرة هذا المقياس على النحو الصحيح، حتى يصبح من الممكن-في أغلب الأحيان-تحديد تواريخ الأحافير المكتشفة حديثا بدقة تامة عن طريق المضاهاة.

ورائد تقسيم الأزمنة في ضوء الأشجار المتحجرة DendrochronolOgy هو الأمريكي هـ. س. فريتس H. C. Fritts. ويقتضي هذا المنهج إحصاء حلقات الأشجار السنوية وقياسها في المناطق التي يوجد فيها تنوع واسع بين مناخي الشتاء والصيف في كل عام. ذلك أن التنوعات في كثافة هذه الحلقات يرتبط قبل كل شيء بالتغيرات التي تطرأ على المناخ على فترات من السنة، و«النماذج» أو تسلسل الحلقات الكثيفة أو القليلة يمكن مقارنتها بين شجرة وأخرى. وباستخدام أشجار الصنوبر الغليظة الحية أو الميتة المنتشرة في الجنوب الغربي من الولايات المتحدة، تمكن فريتس وأعوانه من مد «مقياسهم الزمني إلى الوراء حوالي 5000 سنة قبل الميلاد. ويمكن القول إن قياس الزمان على هدى الحلقات الدائرية في جزوع الأشجار المتحجرة شأنه شأن قياس الزمان عن طريق طبقات الترسب الحولي قياس «مطلق» نظريا ويمكن أن يكون مستقلا بذاته.. ومهما يكن من أمر فإنه بسبب مخاطر المضاهاة غير الدقيقة من شجرة إلى أخرى، أو إحصاء حلقات «زائفة» لا تمثل انقضاء سنة، فإن المعايرة بالرجوع إلى المعطيات التاريخية أو بالتأريخ عن طريق الكربون المشع-تعد أمرا مطلوبا في كثير من الأحيان.

وقياس فطر الأشنة Lichenometry طريقة فنية تتطلب قياس أجزاء معينة هي الثالوس(*5) the thalli لأنواع معينة من الأشنة تستعمر بعض السطوح الصخرية. والفكرة الأساسية التي أعلنها ر. إي. بيشيل R. E. Beschel هي أنه إذا تعرض سطح صخرة للغلاف الجوي (عقب ارتفاع ساحل-على سبيل المثال-أو تراجع حافة نهر جليدي) فسوف تستعمره الأشنة. والمعروف نظريا أن قطر أكبر ثالوس Thallus (جسم نباتي بسيط عديم الورق والجذور) في منطقة ما يتناسب مع طول الزمن الذي يتعرض فيه السطح للغلاف الجوي. ونوع الأشنة المعتاد استخدامه هو الريزو كربون الجغرافي Rhizocarpon Geographi cum الذي ينتشر انتشارا واسعا، ويتمتع

(*5) النبات قبل أن يتميز العرق من الساق من الورقة، مادة thallus [معجم العلوم الطبية والطبيعية- د. محمد أشرف-بيروت-ط 3،] [المراجع].

بحياة طويلة وتناسب ثابت تقريبا بين عمره وحجمه. كما أنه يولد أنواعا من الثالوس دائرية تقريبا. وهذا الشكل يساعد في القياس مساعدة قيمة. وعلى الرغم من أن كثيرا من الدراسات الناجحة في قياس الآشنه قد استكملت في مناطق ذابت ثلوجها حديثا، فثمة مخاطر كثيرة تكتنف هذا المنهج، والمعايرة بالكربون المشع مطلوبة دائما قبل تحديد الحقب المطلقة بشيء من الثقة.

والتأريخ بالفلور (عنصر غازي) طريقة مفيدة في دراسة العظام المدفونة والمبدأ الذي تقوم عليه هذه الطريقة هو أن المياه الجوفية تحمل أثناء سريانها خلال الصخور والتربة-كميات دقيقة للغاية من الفلور الذي يحل تدريجيا محل الكالسيوم في العظام المدفونة. والتحول الذي يحدث لا رجعة فيه، وبمقارنة نسبة فوسفات الفلور إلى فوسفات الكالسيوم في العظام يمكن تحديد عمر تقريبي. ويمكن بسهولة التميز بين العظام القديمة والحديثة في موقع معين باستخدام هذه الطريقة.

وهناك طريقة جديدة نسبيا للتأريخ هي التأريخ بواسطة الحامض الأميني، وهي الطريقة المستخدمة الآن على القواقع البحرية، والعظام، والمنخربات، بل في النباتات أيضا. والمبدأ الكامن وراء هذا المنهج هو أنه مع مرور الوقت يطرأ تغير في الشكل البصري للأحماض الأمينية المحفوظة في البنية البروتينية للحفرية. وأيا كان الأمر، فمادام رد الفعل الكيميائي المطلوب شديد الحساسية لدرجة الحرارة، فإن المعيار الدقيق لحساب الحقب المطلقة سيتباين من موقع الى آخر. ومع ذلك، فإن هذه الطريقة واعدة بدرجة كبيرة لتأريخ المواد العضوية التي تعد عتيقة جدا بالنسبة للتأريخ بالكربون المشع.

وبالإضافة إلى هذه الطرائق السابقة يوجد كثير جدا غيرها مما استخدم على مر السنين في محاولات لقياس الزمن الماضي. وبعض هذه الطرائق يقتصر على الاستخدام المحلي الصرف، وبعضها أثبت أنه غير أهل للثقة، فكان نصيبه النبذ، وبعضها الآخر يمدنا بالمعلومات فيما يتعلق بالحقب النسبية فحسب، ولابد من استكماله بطرائق أخرى للتأريخ، ومنها ما هو طرائق جديدة لن تفي بوعودها إلا بتطوير أجهزة جديدة للقياس وأشد تعقيدا. غير أنها تسهم جميعا في البحث عن مقياس زمني مطلق مضمون،

ومن منظور هذا السياق يحتاج كل منهج متاح إلى تجربته واختباره.

أدوات آركيولوجية (أثرية عتيقة):

كثير من طرائق التأريخ المستخدمة في علم الآثار الحديث شبيهة إلى حد كبير بتلك التي وصفناها في الصفحات السابقة. وعلى سبيل المثال، فإن مبادئ علم وصف طبقات الأرض Stratigraphy تعد أساسية لعلم الآثار وللتأريخ النسبي للمستويات الحضارية المتعاقبة. ومن الممكن تفسير وتأريخ مظاهر عدم التوافق في التعاقبات الحضارية بالطريقة نفسها تماما المستخدمة في تسلسل الصخور وتعاقبها. والحفريات النمطية (التي قد تكون مخلفات عضوية أو أشياء من صنع الإنسان) يمكن استخدامها في تأريخ المستويات في الرواسب التي ترتبط بحضارات متباينة. ونمطية المصنوعات يمكن أن تستخدم بمثابة عامل مساعد للتأريخ مثلما تستخدم «مورفولوجيا» أو تشكل الحيوانات والنباتات لتحديد التواريخ في علم الحفريات القديمة. وكما يحدث التطور المتباعد أو المتقارب في النباتات والحيوانات، فكذلك يمكن أن نقتفي أثر النمو و«التسلسل» في المصنوعات البشرية. وهنا أيضا، يمكن أن توضع الافتراضات عن التأريخ المطلق أو النسبي للسمات على أساس أشكالها ووظائفها المفترضة. ومن الممكن اكتساب معلومات عن العصور من دراسة توزيع المصنوعات أيضا، وبخاصة إذا أمكن إثبات أن الشيء المصنوع نشأ في موضع محلي معين، ثم انتشر بعد ذلك إلى الخارج بواسطة عمليات الانتشار الحضاري. وفي علم الآثار يستخدم التأريخ على أساس المضاهاة والمقابلة cross-dating للبرهنة على تعاصر الجماعات الحضارية إذا لم يتوفر تقسيم زمني مستقل يمكن الرجوع إليه. والمبادئ المستخدمة هي نفسها بالضبط المستخدمة في الجيولوجيا لمضاهاة طبقات الرواسب التي لا سبيل للبرهنة على أنها متصلة.

وأهم طريقة للتأريخ الموثوق به في علم الآثار هي التأريخ بالكربون المشع، وقد أمكن الحصول على كثير من تواريخ الحضارات التي ازدهرت في حدود الأربعين ألف سنة الماضية أو نحوها-وبعبارة أخرى، منذ بدء مرحلة الغمر الجليدي الكبرى الأخيرة في نصف الكرة الشمالي. أما بالنسبة للعصور التي تتجاوز نطاق التأريخ بالكربون المشع، فلم يكن ثمة مناص عن

اللجوء إلى طرائق أخرى. فعلى سبيل المثال بالنسبة لقصة تطور «الإنسان» في أفريقيا، كانت الطرائق التالية على جانب كبير من الأهمية: التأريخ بالبوتاسيوم-آرجون، والتأريخ بالمغناطيسية الأرضية، geomagnetic، والتأريخ بسلسلة اليورانيوم. وفي بعض الأمثلة، استخدمت مناهج أخرى للقياس الإشعاعي ra-diometric. بما فيها طريقة الثوريوم-230 وطريقة الثوريوم-230/بروتاكتينيوم-231. وثمة طرائق أخرى إضافية للتأريخ النسبي تلجأ إلى تحليل النباتات والحيوانات، وإعادة تركيب أنواع المناخ القديمة ومضاهاة الطبقات بعضها إلى البعض الآخر، وتفسير مراحل التحات، هذه الطرائق جميعا كانت أساسية في بناء القياس الزمني لمرحلة ما قبل التاريخ، ونتيجة لذلك فإن أسلاف الإنسان الأقدمين (مختلف أنواع الإنسان البدائي الأسترالي-الجاوي Australopethecus) أمكن تأريخهم الآن على نحو موثوق به بحوالي خمسة ملايين سنة خلت على الأقل. ولم يوجد أسلاف الإنسان، الحديث[*6] خلال عصر البليستوسين pleistocene فحسب، بل إنهم وجدوا أيضا في أفريقيا طوال عصر البليوسين Pliocene(عصر كثير الحداثة) بأكمله على أقل تقدير. وقدم الإنسان أصبح من الحقائق الراسخة التي لا يدانيها شك.

والمغناطيسية الأثرية واحدة من الطرائق الأثرية بوجه خاص المستخدمة في تأريخ الحضارات الغابرة. وتقوم على حقيقة أن الأوكسيد المغناطيسي للحديد حين يبرد بعد التسخين، تتحدد مغناطيسيته بواسطة المجال المغناطيسي الذي يقع فيه. هذه الأكاسيد توجد-بالطبيعة-في كل أنواع الصلصال تقريبا، وعندما تبرد قمينة أو موقد صلصال ثم يترك، فإنه يحتفظ بالخصائص المغناطيسية التي تزودنا بالمعلومات الدقيقة عن الموقع وهي الانحراف المغناطيسي وعندما تبرد قمينة أو موقد صلصال ثم يترك، فإنه يحتفظ بالخصائص المغناطيسية التي تزودنا بالمعلومات الدقيقة عن الموقع وهي الانحراف المغناطيسي، عمقا وشدة. وهذه كلها تختلف على مدار الزمن، وفي بعض المناطق، أصبحت الآن المنحنيات التي تبين

(*6) أسلاف الإنسان الحديث Hominids من الرئيسات من العائلة المعروفة باسم هومينيداي Hominidae والتي انحدر منها الإنسان الحديث أو الإنسان العاقل. وبادت جميعا ما عدا الإنسان الحديث [المراجع]

الاختلافات المغناطيسية في الألفي سنة الماضية أو نحوها أصبحت الآن متاحة. وبالرجوع إلى هذا المنحنى، يمكن تأريخ المواقد المكتشفة حديثا بتقريب في حدود خمسين عاما.

والتألق الحراري thermoluminescene طريقة لقياس الضوء المنبعث من البللورات المعدنية التي تعقب الإشعاع والتسخين. ويجري تحليل التألق الحراري عادة على الأواني الفخارية القديمة، غير أن هذا المنهج يحتاج إلى كثير من التطوير قبل أن يبلغ الكمال.

والتأريخ بالسبج (وهو زجاج بركاني أسود) يستخدم لقياس الزمن المنقضي، منذ أن تعرض سطح السبج الجديد للغلاف الجوي. وأساس هذه الطريقة هو أن التغير يحدث بسرعة ثابتة غاية في البطء أثناء تسرب الماء داخل بنية هذه المادة. وتتباين السرعة مع درجة الحرارة، ولا تتغير مع كمية الماء المتاحة، وعلى هذا النحو يمكن تحديد التواريخ بعقد المقارنة مع مصنوعات أخرى في المنطقة المناخية نفسها. ويقاس سمك طبقة التميع hydration layer التي تغطي الشيء المصنوع قياسا بصريا في قطاع رقيق، وبالرجوع إلى مقياس محلي معلوم، يمكن تحويله في يسر إلى العصر الذي ينتمي إليه بالسنوات.

وحين يحتاج الأمر إلى تأريخ العظام، وحين يكون التأريخ بالفلور غير عملي، فقد يكون من المستحسن اللجوء إلى التأريخ بالكولاجين Collagen (وهي المادة البروتينية التي في النسيج الضام وفي العظام والتي تنتج الهلام عند غليها في الماء الحار «قاموس المورد»). ذلك أن عظام الحيوان تتكون أساسا من فوسفات الكالسيوم ممتزجا بمادتين عضويتين، بروتين العظام أو الكولاجين (الغراء) والدهن. وبعد موت الحيوان، تتحلل الدهنيات بسرعة ولا تلبث أن تختفي، على حين يبقى الكولاجين مدة أطول، وإن تناقصت مقاديره، ويمكن قياسه عندئذ بتحليل النتروجين الموجود. ولما كانت هذه الطريقة لا تستخدم إلا في تحديد الأعمار النسبية للعظام، فإنها تستخدم عادة مقترنة بالتأريخ بالكربون المشع.

تذييل:

يجدر بنا في ختام هذا الفصل أن نذكر بعض الكلمات على سبيل

الحيطة. فنحن نزهو اليوم بافتراض أن الأساليب القديمة في التأريخ النسبي قد استكملتها-إن لم تكن قدا أبدلت بها تماما-أساليب جديدة موثوق بها ومحققة في التأريخ باستخدام الآليات الحديثة وخبرة المجتمع التكنولوجي في أيامنا هذه. ونحن نفترض في معظم الأحيان أن القياس الزمني الإشعاعي صحيح، كما نشير في اغلب الأحيان إلى العصور المقيسة بالإشعاع على أنها عصور مطلقة. ويقول دون آيشر Don Eicher في ختام كتابه «الزمان الجيولوجي» هذه العبارات: «... ما برحت الشكوك قائمة، إذ أن التقويم المبني على القياس الإشعاعي قد يكون-بسبب مصدر غير متوقع للخطأ المنهجي-خاطئا تماما من أوله إلى آخره..» (صفحة 139).

وقد ثبت فعلا أن بعض الافتراضات الأولى المبنية على التأريخ بالقياس الإشعاعي خاطئة، واليوم أدخل عدد من المتغيرات في حسابات العصور المقيسة بالإشعاع لم تكن تخطر على بال منذ عقد من الزمان. وقد ثبت أيضا أن مواصفات الأجهزة المستخدمة في التأريخ بالقياس الإشعاعي يمكن أن تؤثر تأثيرا بالغا على النتائج التي نحصل عليها. وفي التأريخ بالكربون المشع كان هناك دائما افتراض أساسي هو أن سرعة إنتاج الكربون-14 في الغلاف الجوي كانت موحدة خلال الزمن الماضي. ولكن نعرف الآن أن هذا الافتراض يجانب الصواب، وأن التواريخ التي أمكن التوصل إليها بالكربون المشع عن إلى 4500 سنة الماضية يمكن أن تكون مخطئة في حوالي 700 سنة. ويزداد الخطأ باطراد قبل هذا التاريخ. ورغم أن الجداول متاحة الآن لتصحيح هذه التواريخ فما برحت هناك انحرافات محيرة كثيرة تنشأ عندما تقارن المقاييس الزمنية التاريخية (أي تلك القائمة على التاريخ المسجل) بالحقب التي تحددت في ضوء النباتات المتحجرة والكربون المشع. ويتردد كثيرا في أيامنا الادعاء بأن الحقب المقيسة بالكربون المشع يجب ألا نستند إليها باعتبارها حقبا محسوبة حسابا حقيقيا بالسنة الشمسية ومن يدرى فربما أننا إذا ما أخضعنا التقنيات الأخرى للتأريخ بالقياس الإشعاعي لعمليات تفحص دقيق كالتي تعرض لها التأريخ بالكربون المشع فقد تجابهنا مشكلات مماثلة بل وربما أشد حدة بحيث تفضي إلى إدخال مزيد من التعديلات على الجدول الزمني للعصور الماضية.

وكما أوضحنا في الفصل الثاني، ظل علماء الفلك أمدا طويلا يعتقدون

أن معدل سرعة دوران الأرض حول نفسها آخذ في النقصان ببطء، وأثبتت الحسابات أن طول اليوم نزيد بحوالي ثانيتين كل 000 ,100 سنة. وفي خلال العصر الثلاثي Triassic Period كانت أيام السنة 382 يوما تقريبا. أما في خلال العصر الأردوفيسي Ordovicia period فكان عدد أيام السنة 410 أيام، وفي بداية العصر الكمبري Cambrian Period كانت أيام السنة 421 يوما، ومدة اليوم 21 ساعة فحسب (ولا نريد أن نمضي بعيدا بالطبع على هذا المنوال، وإلا وصل اليوم في زمن تكوين الأرض إلى 18 دقيقة ليس إلا). وإذا كان طول اليوم على كوكب الأرض قد اختلف على مر الزمان الجيولوجي، فلماذا لا يختلف طول السنة؛ وأليس من الممكن أن تكون قد طرأت على الزمان الجيولوجي اختلالات عارضة كتلك التي ذهب إليها إيمانويل فيليكوفسكي Emmanuel Velikovsky في كتبه: العوالم تتصادم Worlds in Collision، «وحقب في العماء»، «والأرض في حالة ثوران»؟ ويؤثر معظم علماء الأرض تجاهل فيليكوفسكي وآخرين من أتباع مذهب الكوارث المحدثين، ولكننا لا نستطيع الزعم، وعلى الرغم مما في نظرياتهم من أغاليط كثيرة، أن مشكلات الزمان الجيولوجي قد حلت. وعلى الرغم من أن هناك خليطا مقنعا من تواريخ القياس الإشعاعي في متناول أيدينا، فمازلنا لا نستطيع الادعاء بأن لدينا مقياسا للزمان المطلق. فالزمان شيء لم يزل الجيولوجيون بعيدين عن فهمه حق الفهم، وإن كانت لديهم رؤية للزمان قد تكون أشد واقعية من رؤية الغالبية العظمى من الناس.

برايان جون

7 الزمان نهبا للفوضى

كان الراحل «الأستاذ» جود Joad هو الذي استخدم في كتابه «دليل إلى الفكر الحديث» Guide to modern Thought-هذه العبارة «غرابة الزمان التي لا ريب فيها». وكان يتحدث عن تلك الحالة الغريبة، والتي ما برحت موضع نقاش حار، للسيدتين الإنجليزيتين إذ كانتا في فرساي عام 1901، وانتابهما شعور واضح بـ «فلتة من الزمان» فألفيتا نفسيهما وقد رجعتا إلى فرساي عام 1789، قبل سقوط الملك بالضبط. شعرت كل من المرأتين بالاكتئاب، وعانت كل منهما إحساسا شبيها بالحلم؛ غير أنه ما من واحدة منهما أدركت أن شيئا غير مألوف قد حدث حتى قارنتا ذكراتهما فيما بعد، وقررتا أن من الغرابة-نوعا ما-أن متنزة التريانون Trianon كان غاصا ذلك الأصيل بأناس يرتدون ملابس ذلك العصر. وأثار كتابهما «مغامرة» An Adventure (1911) اهتماما واسع النطاق، لأنه كان من الجلي أن هاتين السيدتين-وكانتا مديرتين في إحدى كليات اكسفورد-تتمتعان بحصافة وسلامة عقل لا يرقى إليهما شك.

وفي عام 1965. نشر فيليب جوليان Philippe Julian سيرة المتأنق الفرنسي روبير دومونتسكيو Robert de Montesquiou (البارون شارلوس في روايات

بروست) الذي بدا أنه يفسر للوهلة الأولي هذه القصة العجيبة بأكملها كلها إذ يبدو أن مونتسكيو والسيدة دو جروفول وغيرهما من أعضاء «المجتمع الباريسي قاموا في التسعينيات من القرن الماضي بتنظيم حفل يرتدون فيه ثيابا خيالية في مزرعة للألبان بفرساي، وأنفقوا بعض الوقت يتدربون على أداء بعض المشاهد المسرحية بملابس العصر القديم قبل موعد الحفل. وكانت السيدة جوان إيفانز، وهي المنفذة الأدبية للسيدتين: شارلوت موبرلي وإليانور جوردان-مقتنعة اقتناعا شديدا بأن خالتها لم تفعل أكثر من أنها صادف أن رأت بروفة أو تدريبا على تمثيلية-مما جعلها تقرر إيقاف إعادة طبع كتاب «مغامرة». وجاء قرارها قبل الأوان بلا شك، لأن الحفل الذي أقامه مونتسكيو لتلك الثياب الخيالية وقع في عام 1894، أي قبل زيارة السيدتين موبرلي وجوردان بسبعة أعوام. وعلى أي حال، هناك رسالة من السيدة دوجروفيل تبين أنها كانت في لندن في اليوم الذي حدثت فيه تلك «المغامرة». ومن ثم، يظل هذا السر بلا تفسير.

ويختم جود حديثه قائلا: «مع التسليم بأن افتراض الوجود الحاضر للماضي تكتنفه مشكلات ذات طابع ميتافيزيقي... فإني أعتقد أنه يشير إلى أكثر الأسس خصوبة للبحث في هذه الخبرات الشائكة.» فماذا يعني بالضبط بقوله «الوجود الحاضر للماضي»؟ إنه لم يعبأ قط بالشرح. غير أن هذه الجملة يبدو أنها توحي بفكرة ليس من المتعذر إدراكها، ألا وهي أن الماضي حي ولا يزال حيا بيننا على نحو ما، مثل صوت كاروزو Caruso الذي تحفظه اسطوانات الحاكي. والواقع أن افتراضا مماثلا تقدم به في منتصف القرن الماضي الدكتور جوزيف رودس بوكانان Dr Joseph Rodes Buchanan أستاذ الطب الذي انتهى إلى الاعتقاد بأن كل الأشياء الفيزيائية تحمل تاريخها مطبوعا فيها على نحو ما، كما تطبع الصورة الفوتوغرافية-وبأن هذا التاريخ يمكن أن «يقرأه» شخص يتمتع بحساسية كافية لالتقاط الذبذبات. وأطلق على هذا الاستعداد كلمة «التكهن النفسي» Psyehometry، ودخلت هذه الكلمة في مفردات البحث في الظواهر النفسية فوق العادية Paranormal. ولقد انتاب وليم دينتون William Denton زوج شقيقة بوكانان وأستاذ الجيولوجيا بجامعة بوسطن شعور بالدهشة الشديدة حين تمكن شخص ممن يجري عليهم تجاربه من وصف تاريخ عينات جيولوجية مختلفة

ملفوفة في أوراق بنية اللون-وصفا تفصيليا، وهنا أعرب دينتون عن اقتناعه بأن هذه الملكة يمكن أن تكون ذات يوم بمثابة تلسكوب نستطيع بواسطته رؤية الماضي.

غير أن «التكهن النفسي» الذي اهتدى إليه بوكانان لم يكن-حرفيا-القدرة على نفاذ «الرؤية» في الماضي، بأكثر مما تكون إبرة الحاكي آلة زمنية تستطيع أن تنقلك عائدة بك إلى حياة كاروزو. فإذا كانت هذه الملكة موجودة-وهناك كثير من الشواهد المقنعة على وجودها-فقد يكون من الممكن إذن تفسيرها بأنها مجرد قدرة متطورة جدا على «قراءة» تاريخ الأشياء، مثلما كان شرلوك هولمز قادرا على أن يروى لواطسون تاريخ شقيقه المدمن على الخمر مستدلا بساعة يده. وليس هذا-على ما أظن-هو بالضبط ما كان يقصد إليه جود بعبارته «غرابة الزمان التي لا ريب فيها». ذلك لأنه في المقطع السابق على قصته عن «مغامرة» الآنسة موبرلي والآنسة جوردان-نراه يناقش كتاب ج. دابليو. دن J. WDunne في كتابه «تجربة مع الزمان» وكتاب دن عبارة عن تفسير لأحلام واضحة مفصلة تراوده عن المستقبل. فلو كان لابد من تصديق كتاب دن-وهو أيضا من المشهود لهم بالحصافة والاتزان-فإنه كان يحلم بأحداث مثل زلزال المارتينيك العظيم قبل وقوعه ببضعة أسابيع. وهذا شيء لا سبيل إلى تفسيره على الإطلاق بأية نظرية «علمية» عن الزمان، أيا كانت مجردة ومعقدة: فقد رأينا في الفصل الخامس، أن نظرة العلماء إلى الزمان تقضي بأن المستقبل لا يمكن أن يؤثر على الماضي. ولعلي أستطيع أن أفسر بعض الهواجس الشخصية المسبقة، مثل وفاة قريب-في حدود منطقية (فقد كنت أعلم مثلا أنه مريض وأنه يعاني من قلب عليل)، ولكن، أن تحلم بانفجار بركاني في جزيرة لا تعرف عنها شيئا، فمن الجلي أن هذا حدث من طراز مختلف.

هذه، إذن، هي المشكلة. إن ملفات جمعية البحث النفسي حافلة بحالات مقنعة لتوجسات «وتنبؤات» عن المستقبل. وهي تناقض بصراحة كل ما عرفته الكائنات البشرية-بطريق الحدس-عن الزمان. والشيء الوحيد اليقيني المطلق عن عالمنا أن كل ما يولد ينتهي في آخر المطاف بالموت، وأنه فيما بين هذين الحدثين، يقترب من الشيخوخة باطراد. والزمان لا رجعة له. قد أستطيع بمعونة شريط مسجل أن أعيد الاستماع إلى شخص ميت، ولكن

إذا تصادف أن شعرت بالذنب بسبب الطريقة التي عاملته بها، فلا سبيل على الإطلاق للرجوع بالزمن لكي أحول دون وقوع ما وقع. كلنا نعرف هذا. وليس ذلك مجرد جزء أساسي من تجربتنا فحسب؛ ولكنه يبدو أنه قانون من قوانين الكون.

والآن، عندما كتب هـ. ج. ويلز H. G. Wells في عام 1895 قصته من الخيال العلمي «آلة الزمان» عرض على قرائه افتراضا جديدا مثيرا وآسرا. يقول مسافر ويلز في الزمان إن الزمان ليس أكثر من بعد رابع للمكان. تأمل الصور الفوتوغرافية لإنسان في أعماره المختلفة: في الثامنة، وفي الخامسة عشرة، وفي السابعة عشرة، وفي الثالثة والعشرين، وهلم جرا. هذه أساسا صور ذات أبعاد ثلاثة لكائن ذي أبعاد أربعة، مثلما تأخذ شرائح أو قطاعات مستعرضة لقطعة صلصال طويلة لينة. وما يترتب على هذا هو أن كل قطاع مستعرض زائف على نحو ما، أو خادع على الأقل تماما مثلما تخدعنا صور الوجوه المصرية القديمة المسطحة وهي لكائنات بشرية مجسمة. فالإنسان إذا شوهد من منظور البعد الرابع. يكون مجرد كتلة مكتنزة وحيدة من المادة الممتدة من نقطة في الزمان إلى نقطة أخرى، وليس كتلة من المادة ذات ثلاثة أبعاد تتحرك من لحظة إلى اللحظة التالية.

ويعترض أحد رفاق مسافر الزمان بأننا لا نستطيع أن نتحرك في الزمان؛ على حين أن المسافر يرد عليه بجواب طريف: «أنت مخطئ في قولك إننا لا نستطيع أن نتحرك في الزمان. وعلى سبيل المثال، لو أنني استحضرت حادثة بصورة حية، فإنني أعود إلى لحظة وقوعها: فأصبح شارد الذهن، على حد تعبيرك. ذلك أنني أقفز راجعا لحظة من الزمان. وبالطبع، نحن لا نملك أية وسيلة للبقاء في الماضي فترة من الزمن، بأكثر مما يستطيع الشخص البدائي أو الحيوان البقاء مرتفعا ستة أقدام عن سطح الأرض. غير أن الإنسان المتمدن أفضل من البدائي في هذا الصدد. إذ يستطيع أن يرتفع ضد جاذبية الأرض في بالون، فلماذا ينبغي عليه ألا يأمل في أنه قد يستطيع في النهاية أن يوقف، أو يزيد من، سرعة حركته خلال البعد الزماني، أو حتى أن ينعطف ويتحول إلى السفر إلى الجهة المقابلة؟

ويزعم المسافر-بالطبع-أنه اخترع آلة لتفعل ذلك بالضبط. غير أن النقطة

المهمة في الشرح السابق هي أنه يقترح طريقه مختلفة تمام الاختلاف للسفر في الزمان. إذ يقول ويلز إننا حين نستحضر حدثا مضى استحضارا قويا، فإننا نتحرك راجعين إلى الماضي لحظة من الزمن؛ غير أننا لا نملك القدرة على البقاء هناك. ويقول عن الزمان في فقرة أخرى إنه أساسا سفر ذهني من المهد إلى اللحد. وما يريد ويلز أن يوحي به هو أن السفر في الزمان ملكة عقلية نمتلكها فعلا، ولكن في نطاق ضيق للغاية.

ويبدو-في ظاهر الأمر-أن ويلز نفسه ينسى هذا الاقتراح المهم الذي ألقاه عرضا في الفصل الافتتاحي من «آلة الزمان». وبقية قصته-بما فيها من طيران آلي عبر الزمان-تثير ذلك النوع من الأسئلة التي تتسم بالمفارقة والتي أصبحت قاسما مشتركا في قصص الخيال العلمي منذ ذلك الحين. وعلى سبيل المثال، فإنه أثناء تحركه في المستقبل، يرى مدبرة شئون منزله تدخل الحجرة وتجتازها بسرعة الرصاصة: ذلك أنه يتحرك الآن بسرعة أكبر خلال الزمان، وعملها يحدث في فترة زمنية أقصر. فلو انه كان يرتد في الزمان إلى الوراء، لشاهدها تسير عبر الحجرة إلى الوراء، وبذلك تكون أفعالها معكوسة. ولكن ألم يكن لزاما أن يكون قد رأى نفسه أيضا حينذاك، كما كان منذ بضع دقائق من قبل، أو منذ يوم أو شهر من قبل؟ والواقع، ماذا يمنعه من إيقاف آلة الزمان، ومن إقدامه على مصافحة نفسه التي كانت بالأمس؟ أو لماذا لا يتقدم إلى الأمام للالتقاء بنفسه، نفس الغد، وسؤالها عن الجواد الذي ربح جائزة السباق القومي الكبير؟ بل إنه كان يستطيع أن يسأل ذاته غدا وذاته بالأمس بالصعود إلى آلة الزمان واصطحابه للعودة معه إلى اليوم للغداء...

هانحن نلمح فعلا ظهور المفارقة. من أين يتأتى لمسافر الزمان الحق في النظر إلى زمانه على أنه «أل» حاضر، وإلى «نفسه» ذاتها على أنها الـ «مسافر» في الزمان؟ إن ويلز يتخطى هذا السؤال بإرساله المسافر إلى الوراء أو إلى الأمام في زمان «متجاوزاً» مدة حياته الخاصة. ومن ثم، فإنه لو ارتد إلى عام 1812 ليلتقي بنابوليون، أو إلى عام 1066 ليلتقي بالملك هارولد، فسيبدو ذلك منطقيا تماما، وإن يكن بعيدا عن التصديق، ولكن إذا كان مسافر الزمان مكونا من ملايين «الذوات»، واحدة لكل ثانية من حياته، ففي هذه الحالة ينسحب هذا أيضا على كل شخص وكل شيء آخر في

الكون. وتكن من الصعوبة هنا في أنه سيكون لكل كائن من هذه الكائنات المتعددة ماضيه الخاص ومستقبله الخاص، مادام كل منها فردا منفصلا. (وعلى سبيل المثال، لو أن مسافر الزمان دعا ذاته بالأمس وذاته غدا للعشاء، فسوف تشرع كل منها-منفصلة في السفر في المستقبل. بوصفها ثلاثة كائنات منفصلة.) وينتهي بك الأمر إلى رؤية لا معقولة لكون متعدد-متعدد يتجزأ فيه كل إنسان إلى عدد لا متناه من الذوات...

هذا بالطبع مجرد خيال قصصي، ومن ثم يمكن أن نصفح عن مثالبه. غير أن التجربة الفعلية للسفر في الزمان ليست مجرد خيال قصصي. فقد افترضت مثلا أن مسافر الزمان في يومنا هذا قد يقوم بزيارة ذاته في غد ليسألها عن الرابح في السباق القومي الكبير، ليستطيع بعد ذلك أن يرجع إلى زمانه الخاص ويراهن بمبلغ كبير عليه... غير أن مثل هذه الأحداث قد حدثت في واقع الأمر. ففي عام 1976 قدمت برنامجا تليفزيونيا في البرنامج الثاني من هيئة الإذاعة البريطانية (BBC2) عن جون كودلي John Codley الذي سمى فيما بعد لوردكلبراكن Lord Kilbracken والذي اعتاد وهو لا يزال طالبا لم يتخرج بعد في جامعة أكسفورد، أن يرى في أحلامه الفائزين في سباقات الخيل، وجمع مبالغ طائلة من الأموال بفضل قدرته الخارقة هذه. وكان ليبترفيرلي Peter Fairley المراسل العلمي للتلفزيون المستقل (إندبندانت) تجربة مشابهة. وفي حديث له في الإذاعة البريطانية BBC روى كيف سمع من مذياع سيارته أثناء قيادته لها متجها إلى العمل في يوم من أيام عام 1965-طلبا يذاع من أجل السيدة بلاكني Mrs Blakeney. وكان قد دخل بسيارته إلى قرية بلاكنى، وبعد دقائق قلائل، استمع إلى إشارة لشخص آخر-لا صلة له بكل ما سبق-يسمي بلاكنى. وبعد وصوله إلى مكتبه، سمع هذا الاسم مرة أخرى، وكان هذه المرة حصانا يجرى في سباق الدربي. فراهن عليه، وربح وعقب على ذلك بقوله إنه منذ ذلك الحين فصاعدا كان يستطيع أن يلتقط الرابحين بمجرد النظر إلى قائمة بأسماء الخيل. وكان اسم الحصان الرابح «يثب خارج الصفحة» إليه. ثم قال إنه ما إن بدأ في التفكير في هذا الموضوع والانشغال به، حتى تلاشت هذه. الملكة...

والآن، هذا كله قريب الصلة مما اقترحه ويلز من أن السفر في الزمان

ما هو إلا ملكة ذهنية خالصة. وهذا بالتأكيد أشد إقناعا بكثير من حكاية آلات الزمان.

الزمان والعقل:

وهنا أشعر بأن هذه هي النقطة التي ينبغي عندها أن يكون القارئ مهيئا لأن يوجه إلى نفسه سؤالا. هل يعتبر هذه المناقشة مسلية بقدر ما هي أكاديمية صرفا؟ أو أنه على استعداد-في الواقع-للاعتقاد بأن أشخاصا من أمثال دن وجودلى وفيرلى يتوخون الحق فيما يقولون، وأن الزمان إذن اغرب كثيرا مما نرضى-عن طيب خاطر-الاعتراف به؟ وأنا أشك في أن معظم القراء، حتى أصحاب العقول المتفتحة منهم، شكاكون حقا ومسرفون في الشك، إذ يشعرون بأن الزمان هو ما نفترضه أن يكون إلى أبعد حد: شارعا ذا اتجاه واحد، وبالتالي فإن القصص التي تدور حول لمحات نخطفها من الماضي والمستقبل ينبغي أن تعامل على أنها نظرات مهمة ولكنها مسلية، مثل كتابات إريك فون دينيكن Erich von Daniken.

ولو أنك كنت-من ناحية أخرى مهيئا لمواجهة إمكانية أن الزمان قد يكون أكثر اتصافا بالمفارقة من نظرتنا إليه النابعة من الحس المشترك، فإنك تكون قد أخذت خطوة مهمة للغاية-لعلها أن تكون واحدة من أجرأ الوثبات الخيالية التي يمكن أن يأخذها إنسان في حياته. ذلك أنه حتى أكثر الكائنات البشرية حيوية وثقة في نفسها تشعر أنها واقعة بمعنى أساسي-في فخاخ الزمن. هناك مشكلات كثيرة يمكن أن نحلها، وصعوبات عديدة يمكن أن نتجنبها، واشتباكات متعددة يمكن أن نفضها؛ ولكن يبدو-في نهاية الأمر-أننا عبيد الزمان الآب. هذه الفكرة تضرب بجذورها في الأعماق بحيث نأخذها مأخذ التسليم. ومع ذلك، لو كانت باطلة، فإنها توحي بأن الحياة ليست كما نفترضها أن تكون على الإطلاق، وأن فكرتنا المحبطة عن أنفسنا ما هي إلا إهانة لإمكانياتنا الحقيقية.

فإذا سلمنا إذن بأننا على استعداد للنظر بعين الجد إلى هذه الإمكانية بأن الزمان قد يكون أغرب مما نتصور، فإننا نجد أنفسنا في مواجهة بعض النتائج الغريبة الشائقة.

ولكي نبدأ، دعنا نتفق على أن الفكرة المعتادة عن السفر في الزمان

المستمدة من ويلز-فكرة باطلة ومتناقضة مع ذاتها. وبهذا المعني، يكون الماضي هو الماضي، والمستقبل هو المستقبل، وليس في وسعنا أن نأمل بتاتا في ارتياد هذا أو ذاك بمعونة آلة للزمان. لأن الزمان بهذا المعنى، لن يكون له وجود؛ وإنما هو مجرد سوء تفاهم حول دلالة الألفاظ. وقد حاولت شرح سبب هذا في فقرة من كتابي العرافة The Occult. فلنفترض أن الناس ولدوا في قطارات متحركة، وأنهم ظلوا فيها إلى أن حضرتهم الوفاة. فلعلهم يخترعون في هذه الحالة لفظة تصف الإحساس اليومي بالمشاهد التي تنساب عبر النافذة، ولتكن كلمة مثل «زيم» «Zyme>». فعندما يقف القطار في المحطات يقولون إن «زيم» Zyme قد توقف؛ وإذا عكس القطار اتجاهه يقولون إن زيم Zyme ينساب إلى الوراء. ولكن، إذا تحدث بعض الناس عن زيم Zyme بوصفه كيانا، فإنه من الجلي أنهم يرتكبون خطأ منطقيا؛ وهذا الخطأ يتألف من أمور كثيرة-مركبة سكة حديدية، مشهد، حركة، وما شاكل ذلك. وهذا نفسه ينسحب على الزمان. ذلك أنه أساسا عملية تنطوي على موضوعات فيزيائية. فلو أنك فكرت في كون «خاو»، أو كون سكوني(استاتيكي) تماما، فسيكون من الجلي أنه سيخلو من الزمان. وهذا هو السبب الذي يجعل من آلة الزمان عند ويلز أمرا محالا.

وإذا كان بيتر فيرلى استطاع حقا أن يتنبأ بالجواد الذي سيفوز في السباق فمن الواضح إذن أن هناك خطأ ما في فكرتنا البشرية عن الزمان؛ ذلك لأن فكرة أن المستقبل قد حدث فعلا-إذ لا بد أن يكون قد وقع إذا كنت «تعرفه»-فكرة تناقض نفسها، أي تنطوي على مفارقة. غير أن عقولنا تنطوي على مفارقة بنفس هذا المعنى بالضبط. فأنت وأنا، من الظاهر أننا نحيا في كون مجسم ذي أبعاد ثلاثة؛ فنحن موضوعات فيزيائية. إذن، أين عقلي بالضبط؟ داخل رأسي؟ لقد حاول الفلاسفة الواقعيون جاهدين تفسير العقل بالمصطلح الفيزيائي-المخ والجهاز العصبي-غير أنهم انتهوا إلى نموذج سكوني (استاتيكي) أشبه بالحاسب الآلي. وهذا الحاسب الآلي يحتاج إلى شخص ما لتشغيله. وحين أناضل مشكلة عقلية أو عاطفية، فإنني أكون على وعى بعنصر أسميه «أنا» يحاول استخراج خير ما في الحاسب الآلي. هذا الكائن يمكن أن ينظر منفصلا عنى تمام الانفصال بينما أكون «أنا» مغمورا بفيض من الانفعال العارم. إنه يستخدم المسارع (المعجل) أو الكابح

(الفرملة) للسيطرة على حالاتي المزاجية ومشاعري، فيبدو موجودا في بعد يعزله عن هذا العالم الفيزيائي الذي نعيش فيه.

بالنسبة لي، هذه الاعتبارات توحي بأن هذين المفهومين اللذين يتصفان بالمفارقة-أعنى الزمان والعقل-يرتبطان فيما بينهما ارتباطا وثيقا.

أجسامنا توجد في عالم الزمان ذي الاتجاه الواحد، أما عقولنا فليست كذلك. وكما يقول وليز: حين أكون شارد الذهن، يذهب عقلي إلى «مكان آخر». ولكن، مجمل القول هو أن هذه الزيارات لأزمنة وأماكن أخرى أقل حيوية من حيواتنا اليومية. ومع ذلك، فان هذا الأمر ليس حدا على عقولنا بالقدر الذي يكون به حدا على «الحاسب» الذي يستخدمونه، أعنى المخ.

وعلي سبيل المثال، هناك تجربة مهمة للفيلسوف ج. ب. بينيت J. B. Benneet (ذكرتها في موضع آخر) وصفها في ترجمته الذاتية: «شاهدت ness-Wit . ويروي بينيت كيف استيقظ ذات صباح-أثناء إقامته في معهد جورجييف بفونتنبلو-شاعرا بضعف شديد غير مألوف من جراء الدوسنطاريا، ولكنه تحامل على نفسه للنهوض. ثم شارك بعد فترة في هذا الصباح في تمرينات يقوم بها ذلك المعهد-وهذه التمرينات عبارة عن حركات جسمانية صعبة ومعقدة إلى درجة لا تصدق. وانسحب الطلاب واحدا إثر الآخر؛ ولكن رغم الإرهاق المفرط والمشقة، حمل بينيت نفسه على الاستمرار. وعلى حين غرة «امتلأت بفيض من قوة هائلة. وكأنما تحول جسدي إلى نور.» وتلاشى كل أثر للتعب.

وعندما ذهب إلى الخارج، قرر أن يختبر هذه القوة بأن يحفر بسرعة لم يكن يستطع المحافظة عليها أكثر من بضع دقائق، غير أنه استطاع أن يستمر نصف ساعة بلا كلل. وسار في الغابة، واعتزم أن يختبر قدرته على التحكم في انفعالاته، فاستجمع إرادته ليشعر بالدهشة. «وعلى الفور غمرني شعور بالاندهاش لا من حالتي تلك فحسب، بل من كل شيء تقع عليه عيناي أو أفكر فيه.» وملأته فكرة «الخوف» برعب هائل، وأفعمته فكرة «الفرح» بالنشوة، وأغدقت عليه فكرة «الحب» فيضا من الحنان الزاخر والشفقة. وأخيرا، استبدت به الحيرة إزاء هذه القدرة الجديدة على الشعور بأي شيء يحلو له، وأراد لها أن تفارقه، وسرعان ما تلاشت في الحال وكأنها لم تكن.

وما نلمسه هنا هو بوضوح ما أسماه وليم جيمس William James «الرصيد الحيوي». ويرى جيمس أننا يمكن أن نشعر بالإرهاق. وأن ندفع أنفسنا إلى ما وراء هذا الإرهاق، وفجأة نشعر أننا ممتلئون طاقة وحيوية من جديد. إنها ظاهرة «النفس الثاني». Second wind ويبدو أننا نمتلك أرصدة ضخمة من الطاقة نفشل في استغلالها. غير أن طارئا مباغتا قد يقوم بتشغيلها. والمجهود الهائل الذي بذله «بينيت» لكيلا ينسحب من تمرينات جورجييف دفعه إلى حالة تضاعف فيها وقوي «النفس الثاني»، وحملت إليه مستوى جديدا تماما من التحكم في «حاسبه الآلي» ومن المؤسف أنه لم يحاول تجربة تذكر حدث ما وقع في ماضيه؛ وأشك في أنه كان سيقدر آنذاك على أن «يستعيد أداءه» بأدق تفاصيله.

والواقع أن امخاخنا-كما اكتشف ذلك الدكتور وايلدر بنفيلد-تحتوى على «شرائط الذاكرة» المختزنة لكل شيء رأيناه أو شعرنا به. وهذه الأشرطة يمكن أن «تدار مرة أخرى» بتنبيه اللحاء الزمني للمخ بمسبر كهربي. فإذا استطعنا أن نصل إلى حالة بينيت الخاصة بـ«النفس الثاني»، فلن يكون المسبر الكهربي ضروريا؛ فسوف تصبح كل شرائط الذاكرة الكامنة في المخ ميسرة لنا على الفور...

ولكن، لعلك تعترض بأن هذا ما زال شيئا آخر غير السفر في الزمان؛ إنه مجرد إعادة تشغيل اسطوانة. هذا حق. ولكن، إذا كان جوزيف رودس بوكانان ووليم دنتون على صواب فيما يتعلق بـ «التكهن النفسي»، فإن للمخ أيضا قدرته على إعادة أداء تاريخ أي موضوع يختار أن يفحصه، وليكن- على سبيل المثال-شهابا عمره خمسة بلايين من السنين. وتستطيع «حساسيات» بوكانان أن تمسك بخطاب مغلق وأن تصف لا مجرد محتوياته فحسب، بل أيضا الحالة الذهنية للشخص الذي كتبه. وقد تشير إلى هذا أيضا بأنه ما فتئ شيئا آخر غير السفر في الزمان. حقا.. غير أنه شيء قريب الشبه به إلى حد بعيد. وسأذكرك بأننا قد اتفقنا على أن السفر في الزمان بالمعنى الذي يقصده ويلز-عبث لا معنى له. وأنت لا تستطيع أن ترجع إلى «ما قبل»معركة هاستنجز-بالمعنى الحرفي-لأن معركة هاستنجز قد وقعت فعلا، ولا يمكن التراجع عنها كأن لم تكن. ومع ذلك. لو كان بوكانان ودنتون على صواب، لكان من الممكن لشخص «حساس» أن يعيش

مرة أخرى-حرفيا-حياة جندي حارب في معركة هاستنخز. ويبدو أن تجربة «دن» مع الزمان توحي بأنه قد يكون من الممكن أن يحدث الشيء نفسه مع المستقبل، أن «يعيش المرء مرة أخرى يوما لم يقع بعد. وهذا-على ما أظن-هو ما يمكن أن يوصف بأنه سفر في الزمان.

وما أقترحه الآن هو نظرة للعقل الإنساني أخذت تفرض نفسها على منذ عدة سنوات. وكانت نقطة بدايتي في كتب مثل اللامنتمي و «الدين والمتمرد»، هي تجارب بعض الشعراء والمتصوفة. ذلك أن الشعراء الرومانسيين الذين ظهروا في القرن التاسع عشر يبدو أنهم مختلفون عن أسلافهم في ناحية مهمة: إذ يبدون متمتعين بقدرة أعظم كثيرا على الاحتفاظ بقوة تخيلية أمدا طويلا. فنحن نعيش حيواتنا محصورين في الزمان والمكان والضروريات التافهة للحياة اليومية؛ وما الوعي أساسا إلا وسيلة لإدراك ما يدور حولنا. ولكن، يبدو أن الشعراء والمتصوفة قادرون على استخدامه لغرض آخر مختلف تمام الاختلاف، هو تنمية نوع من العالم الباطني قوته تنافس قوة الواقع الفيزيائي المحيط بنا. وحين عن لي-على سبيل المصادفة-أن اوجه انتباهي إلى عالم «العرافة» أو الظواهر الخارقة للمألوف، صدمني أن الشخص الذي يستجيب للمؤثرات الخارقة للطبيعة ما هو إلا نمط آخر من الشاعر: شخص ليس العالم الفيزيائي بالنسبة إليه سوى وجه واحد من الواقع.

وهذه النظرة تبدو لي الآن بعد التروي-منطقية ومعقولة بما فيه الكفاية. فالشعور مقيد بالعالم الفيزيائي لسبب بسيط: إذ لو لم يكن كذلك، لطوانا الفناء منذ أمد بعيد. والحيوانات جميعا-كما أوضح هـ. ج. ويلز-«تقاوم هذا» منذ اللحظة التي ولدت فيها. وفي العصر الفيكتوري، كان الأطفال يبدأون عملهم من السادسة صباحا وينتهون منه في الثامنة مساء. وما زالت الحياة شرسة قاسية بالنسبة لنصف الجنس البشري أو ما يزيد على النصف. إني لمحظوظ إذ أستطيع أن أجلس إلى مكتبي، في حجرة مريحة، وأن أصرف عقلي إلى هذه المشكلة الشائقة عن طبيعة الزمان؟ وأنت محظوظ أيضا إذ تستطيع أن تجلس لقراءتها. ولو كان لا مناص لك ولي من العمل أربع عشرة ساعة في مصنع، لأصبحنا في شوق إلى قليل من الفراغ للاسترخاء والسماح للعقل بالتحليق في عوالم الخيال.

وبسبب هذه الضرورة الفيزيائية الفظة، عود الشعور نفسه على التشبث بالعالم المادي: وهذا معناه في الواقع أنه لم تتح له أبدا فرصة استكشاف قدراته الخاصة-أو بالأحرى قدرات ذلك الحاسب الآلي الفذ المسمي المخ. وهنا نأتي إلى جزء من أغرب أجزاء القصة. فلسبب غريب، تفوق قدرة هذا الحاسب القدرة اللازمة له بمراحل كبيرة-على الأقل في حدود التطور الداروني. فمن الواضح كل الوضوح، على سبيل المثال أننا لا نستخدم أبدا تلك المكتبة الواسعة من «شرائط الذاكرة» التي اكتشفها وايلدر بنفيلد؛ فلسنا بحاجة إلى استخدامها للبقاء اليومي. فلماذا-إذن-توجد هذه الشرائط هناك؟ لماذا قضى التطور بأنه على المخ أن يتذكر كل حادثة صغيرة للغاية، وكل فكرة عبرت بحياتنا؟ وأعود مرة أخرى للقول بأنني كنت مفتونا دائما بقدرة الأطفال الخارقين للعادة على الحساب-وهم في العادة أطفال صغار يتمتعون بذكاء عادى-الذين يستطيعون القيام بعمليات الضرب والقسمة على أرقام هائلة في رؤوسهم. ولا يقل عن ذلك غرابة الفئة المعروفة باسم «العلماء البلهاء»-وهم أطفال قد تكون نسبة ذكائهم في مستوى الشخص المأفون (ضعيف العقل)، ومع ذلك يتمتعون في مجال واحد معين بموهبة عقلية تند عن التصديق-ومن هؤلاء على سبيل المثال، طفل يستطيع أن يستعرض بسرعة مذهلة كل ما صنع من أفلام موسيقية، وكل ممثل اشترك فيها والدور الذي قام بأدائه. وفضلا عن ذلك، فإن بعض هؤلاء العلماء البلهاء يتمتعون بقوى «نفسية» متطورة للغاية: وعلى سبيل المثال، رفض صبي أن يقوم مدرسه بتوصيله إلى البيت، لأن أمه-كما برر ذلك-سوف تلتقي به خارج المدرسة. والواقع، أن أمه وصلت حقا للقائه، ولكنها كانت قد قررت ذلك بنصف ساعة من قبل، حين ساقها مشوار آخر بالقرب من المدرسة...

وهذا المثل يقودني إلى نقطة البداية في كتابي«العرافة:< ألا وهي ملاحظة أن «القوى النفسية» تبدو في كثير من الأحيان وكأنها تنطوي على انهيار-أو على الأقل، فقدان للكفاءة-في قوانا العقلية السوية. وعلى سبيل المثال، سقط نقاش هولندي اسمه بيتر در هورك من فوق سلمه، وأصيبت جمجمته بكسر؛ وعندما أفاق في المستشفي، اكتشف أنه «يعرف» كل شيء عن زملائه المرضى، عن ماضيهم، بل وعن مستقبلهم أيضا. هذه القدرة العجيبة لازمته.

وتحت اسم «بيتر هوركوس» طارت شهرته بوصفه «مكشوف عنه الحجاب» أو يرى ما وراء البصر و «متكهن نفسي» وكثيرا ما قام بمساعدة الشرطة في حل قضايا القتل. غير أنه في الأيام التي أعقبت الحادث الذي وقع له مباشرة-وجد الحياة صعبة لأن قواه النفسية الجديدة جعلت من المستحيل عليه التركيز في الأعمال اليومية العادية؛ وكان من الممكن أن يتضور جوعا لولا أن اقترح عليه شخص ما أن يستغل قواه لكسب قوته بالظهور على المسرح بوصفه «ساحرا». وعندما قرأت هذه القصة في الترجمة الذاتية التي كتبها هوركوس، ألفيت نفسي أفكر في كل أولئك الشعراء والفنانين الرومانسيين الذين ماتوا فقراء لأنهم وجدوا أنه من المحال عليهم التركيز على الضروريات الكئيبة للوجود المادي. فمن الجلي أننا نلمس هاهنا مماثلة وثيقة بين هذا الساحر وأولئك الفنانين.

يبدو أن هذا كله يوحي بأن عقولنا تملك قوى خارقة لا يرى معظمنا سببا لاستخدامها على الإطلاق. وتتطلب مشكلة البقاء أن نكون مقيدين بالعالم اليومي فلو لم يكن الأمر على هذا المنوال، فلربما كنا جميعا أطفالا عباقرة حاسبين أو أصحاب شفافية نفسية، ومن المحتمل أن نكون عباقرة من الأدباء والفنانين بالإضافة إلى هذا كله.

غير أن صياغة الأمر على هذا النحو يوحي بأن المسألة هي: إما-أو؛ فإما أن نتخلص من مثل هذه الملكات الخارقة أو أن نفقد قدرتنا على البقاء. ولكن هل الاختيار قاس حقا على هذا النحو؟ أميل إلى الشك في هذا. فالحياة بالنسبة للغالبية العظمى منا أكثر سلامة وأمنا منها في أي وقت آخر في التاريخ. فاحتمالات أن تدهم الرجل الحديث سيارة أقل كثيرا من احتمالات تعرض أسلافه للوقوع فريسة تلتهمهم الحيوانات الضارية أو يقتلهم إخوانهم من البشر. (وحتى إلى وقت قريب كالعصر الذي عاش فيه الدكتور جونسون كثيرا ما كانت المنازل الريفية النائية تحاصرها عصابات من الهمج تقتل كل من يتصدى لها وتنهب كل ما له قيمة.) ويتمتع معظمنا بساعات من الفراغ كل أسبوع يستطيع فيها أن يستكشف إمكانيات الشعور الإنساني. كلا، المشكلة الحقيقية هي قوة العادة التي تضرب بجذورها عميقا بحيث يصبح من المستحسن أن نشير إليها بوصفها تنويما مغناطيسيا. فلو أنك أرغمت منقار دجاجة على الالتصاق بالأرض، ثم رسمت خطا

بالطباشير أمامها مباشرة، فإنها لن تكون قادرة على رفع رأسها حين تطلقها من قبضتك، ذلك أنها تركز انتباهها لسبب غريب على خط الطباشير، وتصير منومة به مغناطيسيا. وكلنا نعاني من ميل مشابه؛ وفي اللحظة التي نسترخي فيها تسوقنا العادة إلى حالة مماثلة من التنويم المغناطيسي يصبح فيها الانتباه مثبتا على العالم الخارجي. وقد كتب سارتر عن صاحب المقهى في روايته «الغثيان» قائلا: «عندما تخلو مقهاه، يخلو رأسه أيضا.» غير أن هذه الحالة ليست مقصورة على الأميين أو الأغبياء. فهناك قصة تروى عن عالم الرياضيات الشهير هيلبرت. فقد أرسلته زوجته-قبل حفل للعشاء-إلى الطابق العلوي لتغيير رباط عنقه، فلما لم يظهر بعد ساعة كاملة، ذهبت لترى ما حدث؛ فوجدته في فراشه مستغرقا في النوم. وشرح لها الأمر بأنه ما أن تخلص من رباط عنقه، حتى خلع بقية ثيابه بصورة آلية، وارتدى منامته، وصعد إلى الفراش.

هذه هي مشكلة الشعور الإنساني: العادات التي تلقينا بسرعة في السرير وتحملنا على النوم حين تكون هناك أشياء أكثر أهمية ينبغي علينا أن ننجزها. وقد تساءل تشسترتون Chesterton لماذا يمتلئ العالم بالأطفال اللامعين، والكبار الأغبياء. والسبب هو أن معظم إمكاناتنا المهمة تفشل في البقاء بعد المراهقة؛ ذلك أننا ننزلق في عادة استخدام كسرة صغيرة من قوانا ليس إلا.

وعندما تتكسر العادة، يمكن أن يحدث أي شيء. وفي كتاب يسمى «أسرار» 1978 (Mysteries) أوردت حالة سيدة تدعى جين أونيل Jane O'Neill شاهدت-أثناء قيادتها لسيارتها متجهة صوب مطار لندن-حادثة خطيرة، وعاونت على تحرير أناس أصيبوا إصابات خطرة من حافلة مهشمة. وكانت الصدمة من القسوة بحيث كان لابد لها من عدة أسابيع تقضيها بعيدا عن العمل. وبدأت تعاني أثناء اليقظة رؤى غريبة، بعضها كان على درجة عجيبة من الدقة: فقد «أبصرت»-على سبيل المثال-صديقا حميما مقيدا بالأغلال في سجن سفينة شراعية كبيرة، ولما أخبرت صديقها بهذا أجاب بأن أسلافه كانوا من الهيوجونوت أو البروتستانت الفرنسيين وأن كثيرا منهم وجدوا أنفسهم في تلك السجون. وذات يوم، وكان ذلك في كنيسة فوثرينجهاي، تأثرت جين أونيل بصورة معلقة خلف المذبح. وذكرت ذلك فيما بعد للصديقة

التي كانت بصحبتها، وقالت هذه الصديقة إنها لم تشاهد أية صورة. وانتابت الآنسة أونيل حيرة شديدة إلى درجة أنها اتصلت هاتفيا بالسيدة التي تقوم بتنظيف الكنيسة وسألتها عن تلك الصورة، فأجابت السيدة بأنه لم يكن هناك وجود لمثل هذه الصورة. وقامت المرأتان بعد ذلك بزيارة أخرى للكنيسة؛ ففوجئت جين أونيل بأن داخل الكنيسة كان مختلفا تمام الاختلاف عن الداخل الذي رأته من قبل-فقد كان أضيق كثيرا-ولم تكن الصورة هناك. فسألت خبيرا في الكنائس الإنجيلية الشرقية، وهذا بدوره عرفها بمؤرخ يحيط بتاريخ فوثر ينجواى. وكان في استطاعته أن يخبرها بأن الكنيسة التي «أبصرتها» كانت هي الكنيسة على نحو ما كانت عليه حين شيدت منذ أربعة قرون مضت، وقد أعيد بناؤها في عام 1553...

وتجربة جين أونيل على النحو الذي حدثت به لا تقل صدقا عن تجربة الآنسة مويرلى والآنسة جوردان: بل إنها أكثر إقناعا بمعنى ما؛ وقد سمعت عنها مصادفة عن طريق صديق، وكتبت للآنسة أونيل التي كانت من الكرم بحيث أرسلت إلى رواية كاملة أرفقت بها الرسائل التي تبودلت بينها وبين المؤرخ والتي تؤكد أنها قد «أبصرت» الكنيسة القديمة. ولم تقدم الآنسة أونيل على نشر قصتها الشائقة، ومن ثم، لا يمكن أن تتهم بأنها تسعى لجذب الأنظار.

ولكن، كيف يمكن أن نوفق بين قصة على هذا القدر من الغرابة وبين تجربتنا اليومية للعالم الواقعي؟ معظم العلماء يتبعون منهجا سهلا ومريحا في التعامل مع مثل هذه الخوارق: إنهم ينبذونها بوصفها أكاذيب وتحريفات وأغاليط. وسواء استطاع العلماء أن يبرروا هذا الموقف عقليا أو لم يستطيعوا (على أساس «قوانين الاحتمال»)، فهذا من شأنه أن يصدم أي شخص معنى بمثل هذه المسائل بوصفه كسلا ذهنيا محضا. وإذا كان لابد من العثور على إجابة، فأعتقد أن نقطة البداية تتمثل في فكرة أن القوى التي يمتلكها العقل البشري ليست محدودة وقاصرة بالقدر الذي نفترضه عادة. هذه نتيجة وصلت إليها قبل أن ينصرف اهتمامي إلى الظواهر الخارقة بسنوات عديدة: بحيث افترضت في كتابي «الدين والمتمرد» (1957)-على سبيل المثال-أن شعورنا اليومي محدود مثلما تتحدد نغمات البيانو القلائل التي تعزف على مفاتيح البيانو الوسطى، وأن مداها الممكن واسع بمقدار

مفاتيح البيانو كلها. وفي حالات السعادة العظمى أو الارتياح، أو حين نستغرق في مغامرة مثيرة، فإننا نتلقى حدسا واضحا بأن العالم أكثر ثراء إلى مالا نهاية، وبأنه مكان أشد تعقيدا بأكثر مما يسمح لنا شعورنا العادي بإدراكه. وأفترض-بالإضافة إلى هذا-أن العقل قادر تماما على إحاطة أوسع بهذه الرحابة وذلك التعقيد...

إن الحادث الذي وقع لهوركوس، شان الحادث الذي صادف السيدة جين أونيل، هز عقله حتى أخرجه عن مجراه العادي المحدود وجعله يدرك أن «الشعور اليومي» لا يوثق به أساسا في تقريره عن الواقعية التي تحيط بنا. ولكن، أليس هذا الضيق أو المحدودية أفضل من حالة القصور المهوشة التي تصاحب قواه الخاصة «بالبصيرة الثانية» ؟ أكانت اللمحة التي ألقتها جين أونيل على كنيسة فوثر ينجواى كما كانت في القرن السادس عشر (أو ربما قبل ذلك) جديرة بالصدمة العقلية التي ترتبت على حادث الحافلة؟ هذه الأسئلة تثير شكوكا خطيرة عن مدى استصواب الرغبة في مثل هذه القوى. ولكننا نفترض حينئذ أن إمكانية فحص هذه القوى المجهولة للعقل لا يمكن أن يقوم إلا بتدمير إحساسنا اليومي بالواقع. وهذا-لحسن الحظ-بعيد عن الحقيقة. وهذا ما توضحه قصة يرويها آلان فون Alan Vaughan في كتاب ممتاز بعنوان «نماذج للتنبؤ Patterns of Prophecy وهي دراسة للشواهد العلمية على الاستبصار. ويشرح فيه كيف انصرف اهتمامه إلى الاستبصار. ففي عام 1965، وكان آنذاك محررا علميا، ابتاع لوحة وييا(*) OuijaBoard للتسرية عن صديق مريض، وأدهشته دقة بعض «معلوماتها». وفي هذه اللعبة كيان ما يسمى نفسه Z يتصف بالدقة الواضحة. Mr. Gunn ولما استمر «فون «في التجربة تلقى رسائل من شخصية عصابية تسمى نفسها «نادا» Nada، تزعم أنها زوجة قبطان بحري يدعى نانتكت؛ وبدت عليها الغيرة لأن «فون» حي، على حين أنها ميتة. ولم تلبث «نادا» أن «عششت في رأسه» بطريقة ما، وألفى نفسه عاجزا عن التخلص منها. ولما سئلت

(*) وتتألف من المقطعين Oui الفرنسية بمعنى «نعم و Ja الألمانية بالمعنى نفسه، وهي عبارة عن لعبة تتألف من لوحة صغيرة قائمة على عجلتين وقلم عمودي يعتقد أنها تكتب آليا حين مسها بالأصابع، ومن لوحة أخرى تحمل الحروف الأبجدية وعددا من الرموز الأخرى، وتستخدم في جلسات تحضير الأرواح. (المترجم).

«زد» عما يحدث، أجابت بأنها حالة من المس جعلت «زد» فون يكتب هذه الجملة: «كل منا له روح أثناء حياته، فلا تختلط بأرواح الموتى.»

«ما أن فرغت من كتابة هذه الفقرة حتى، أحسست بطاقة تصاعد داخل جسدي وتقتحم عقلي. ودفعت بعيدا كلا من «نادا» و «زد». ولمح أصدقائي ذلك على وجهي الذي أبيض وانقبض، ثم تورد بغتة. وانتابني إحساس هائل بالنشوة والقوة الجسدية. وأخذت طاقتي تزداد قوة على قوة وكأنها تنبسط إلى ما وراء جسدي. وبدا عقلي وكأنه يتسابق في بعد ممتد لا يعرف للزمان أو المكان حدودا ينحصر فيها. ولأول مرة، بدأت أدرك ما يجري في عقول الآخرين، ولدهشتي البالغة بدأت أدرك المستقبل من خلال نوع من الوعي الممتد. وأول عمل أقدمت عليه وأنا في هذه الحالة الغريبة المثيرة هي أنني قذفت بلوحة الويجا داخل موقد لإحراق القمامة...».

كانت هذه التجربة هي التي دفعت «فون» إلى دراسة مسألة اللمحات التنبؤية للمستقبل برمتها. فقد أبصر هذا «البعد الممتد الذي لا يعرف حدودا للزمان أو المكان»، وقرر أنها جديرة بالبحث. وقد وصف الشاعر روبرت جريفز Robert Graves تجربة مماثلة في قصته أسماها «السيد جَنّ البغيض» The Abominable (التي أخبرني أنها ترجمة ذاتية). «ذات أمسية صيفية بديعة، بينما كنت أجلس وحدي على البكرة القائمة وراء جناح الكريكيت، دون أن يشغل بالى شيء، تلقيت نورا سماويا: إذ وقع لي أنني أعرف كل شيء. وأتذكر أنني أطلقت عقلي ليستعرض مسرعا كل موضوعات المعرفة المألوفة لديه؛ وذلك لأتبين فحسب أن هذا لم يكن مجرد خيال أخرق. كنت أعلم حقا كل شيء. ولكي أكون واضحا: مع إدراكي بأنني لم أبلغ بعد ثلث الطريق المؤدى إلى التعليم الرسمي... فقد كنت أملك في يدي مع ذلك مفتاح الحقيقة، وأستطيع أن استخدمه لفتح أي باب وإغلاقه. ولم تكن معرفتي نظرية دينية أو فلسفية، بل مجرد منهج بسيط للنظر في المسارب الجانبية لوقائع مشوشة لكي أجعل منها معنى كاملا.»

ويقول جريفز إن «السر» كان لا يزال هناك حين استيقظ في الصباح التالي؛ غير أنه حين هم بكتابته، تلاشى تماما.

ومن الحق أن جريفز يخفق في شرح ما يعنيه «بالسر» فيما عدا قوله إنه كان «وعيا طفوليا مباغتا بقوة الحدس، والمنطق-الأعلى الذي يقطع كل

عمليات الفكر الروتينية ويثب مباشرة من المشكلة إلى الإجابة». غير أنه يقدم مفتاحا آخر في روايته لحالة صبي آخر في المدرسة كان قادرا على حل مشكلة رياضية غاية في التعقيد بمجرد النظر إليها. واتهم مدرس الصف ويدعي السيد جن gunn-الصبي بأنه رأى الإجابة في آخر الكتاب؛ فأجاب الصبي بأنه راجع إجابته مع إجابة الكتاب-فيما بعد-فوجد أن الرقمين الأخيرين من إجابة الكتاب كانا خاطئين-إذ كان ينبغي أن يكونا 35 بدلا من 53. غير أن المدرس غير المتعاطف والمتبلد الذهن المدعو السيد جن، أرسل الصبي إلى الناظر ليضربه بالعصا، رافضا أن يصدق أن الفتى قد «أبصر» الإجابة فحسب...

وهكذا يبدو إن جريفز يتحدث عن قوة مرتبطة بالنوابغ المبكرين في الرياضة، عن قدرة العقل عن رؤية الإجابة على مشكلة في لمحة واحدة. ولكن، كيف تعمل مثل هذه القدرة؟ أتكون ضربا من العملية الحسابية التي تأتي كومضة البرق، أي أنها عملية يقوم بها العقل العادي الذي يتسارع فيه كل شيء، كما هي في نظام تراختنبرج الشهير في الرياضيات؟ الظاهر أنها ليست كذلك. ونحن نعرف هذا من حالة زيراه كولبرن Zerah Cburn النابغة الحسابية الكندي الذي حين سئل عما إذا كان العدد 297, 967, 294, 2 من الأعداد الأولية (أي لا يمكن أن ينقسم بواسطة أي عدد آخر)، أجاب على الفور: كلا، إنه يمكن أن ينقسم بالعدد 641. وهنا، لا يوجد أي منهج رياضي يحدد ما إذا كان عدد ما عددا أوليا-اللهم إلا المنهج الشاق، منهج المحاولة والخطأ، أي القسمة على كل عدد أصغر وتقرير أن أحدا منها لم يفلح (وهناك اختصارات في الطريق): فإذا لم يكن يقبل القسمة على 3، فإنه لا يمكن أن يقبل القسمة على 6 و 9 و 12 و15.. إلخ). ومن الجلي أن كولبرن «أبصر» الإجابة مثل ما فعل زميل جريفز التلميذ ف. ف. سمايلى F. F. Smilley-من «فوق»، بنوع من نظرة الطائر. وكان «سر» جريفز-على سبيل الافتراض-منهجا شبيها، بمنهج إدراك الإجابة على أي مشكلة بالحدس الفوري...

المخ المنقسم:

وجدير بنا الآن وقد وصلنا إلى هذه النقطة أن نذكر الكشف الحديث

في فسيولوجيا المخ: أعنى التمييز الذي اهتدى إليه ر. دابليو. سبيري R. W. Sperry بأننا ننقسم بالفعل إلى شخصين يعيشان داخل رؤوسنا، في النصفين الكرويين الأيمن والأيسر من المخ. وكنا نعرف منذ زمن طويل أن النصف الكروي الأيسر من المخ يهيمن على اللغة، على حين أن الأيمن يختص بالتعرف (أو التمييز). وكذلك يتعلق النصف الأيسر بالمنطق والعقل، بينما يختص الأيمن بالتذوق-كالاستمتاع الفني، على سبيل المثال. وتستطيع أن نقول إن النصف الأيسر عالم، على حين أن النصف الأيمن فنان.

ويرتبط نصفا المخ فيما بينهما بمعبر من الألياف العصبية، فإذا استأصل هذا المعبر، فإن كلا منهما يستمر في العمل منفصلا عن الآخر. وهكذا، إذا عرضت تفاحة على النصف الأيسر من المخ (الذي يرتبط في الواقع بالعين اليمنى)، وإذا عرضت برتقالة على النصف الأيسر، وسئلت ماذا شاهدت لتوك فستجيب: تفاحة. ولكن إذا طلب منك أن تكتب بيدك اليسرى ما شاهدته في التو واللحظة، فإنك ستكتب: برتقالة. وإذا سئلت ماذا كتبت من فورك، فستجيب: تفاحة. ومعنى هذا أن كل نصف من نصفي المخ لا يعلم ما يفكر فيه الآخر.

غير أن البصيرة الناشئة عن هذه التجربة والتي لها أهم الدلالة هي أن الكائن الذي تسميه «أنت»-أي ذاتك-يستقر في النصف الأيسر من مخك. وهناك «أنت» أخرى على بعد بوصات قلائل، في النصف الأيمن: ولكنها صامتة.

وعندما أجرى عملية حسابية على الورق، فإنني استخدم نصف مخي الأيسر-مع قسط معين من المعونة التي يقدمها النصف الأيمن من حين إلى آخر، عن طريق الاستبصارات المفاجئة. ويبدو أن هذه-إجمالا-هي الطريقة التي يعمل بها المخ البشري: النصف الأيسر هو «الإنسان الأمامي»، الأنا التي تتعامل مع العالم. والنصف الأيمن عليه أن يعبر عن نفسه عن طريق النصف الأيسر. ومجمل الأمر، أن النصف الأيمن يجد عناء شديدا في أداء وظيفته، ذلك أن النصف الأيسر في عجلة دائما من أمره، ولا يكف أبدا عن معالجة المشكلات، ويميل إلى معاملة النصف الأيمن في شيء من نفاد الصبر. وهذا هو السبب في أن الإنسان المتحضر يبدو أنه لا يملك من الحدس إلا أقله.

ويبدو من المحتمل أن نوابغ الحساب لم يقعوا بعد ضحية لسيطرة النصف الأيسر المستأسدة. «وعزلة السجن النسبية» لم تبدأ بعد في الاكتمال. فهم يبصرون الجواب عن مشكلة ما، وينقلونها فورا، دون أن يعوقهم الشريط الأحمر المألوف للبيروقراطي الذي يقيم في النصف الأيسر من المخ.

وينبغي أن أؤكد أن هذه هي المشكلة الحقيقية للإنسان المتحضر. فنحن قد تطورنا إلى مستوانا الحاضر من خلال استخدام اللغة والمفاهيم. ونحن نستخدم هذه باستمرار إلى درجة أننا «توحدنا» مع النصف الأيسر من المخ. وليس في هذا ضرر حقيقي، لأن «الشخصية»، بمعنى ما، هي الشطر اللغوي فينا. وتنشأ المشكلة من موقف الأنا من اللا أنا الذي يعيش في النصف الأيمن من المخ. ونحن نميل إلى معاملته بوصفه شخصا أبله، وأخا أصغر لا يكاد يبين وليس له حظ من التألق، بل إننا نتجاهله دائما ونطلب منه الصمت. فإذا تحملنا مشقة الإصغاء إليه، فلعلنا نتعلم منه الكثير وقد يفرع أحيانا من ضروب غبائنا المحسوبة بعناية فتراه يقبض على القانون بكلتا يديه، ولا بتورع عن التدخل. وهنا أستطيع أن أضرب مثلا شخصيا. فالتل الذي يؤدي صاعدا من بنتوان pentewan إلى ميفاجيسي Mevagissey تل طويل تتخلله منحنيات عديدة مباغتة. وذات يوم كنت أقود سيارتي مصعدا في ذلك التل والشمس تخايل عيني حتى كادت تعميني تماما. وعند نقطة معينة خطر لي أنني لابد مقترب من انعطافة، وحاولت أن أدير عجلة القيادة. غير أن يداي خانتاني، وحافظتا على تثبيت عجلة القيادة كان مخي الأيمن يعلم أنني لم أبلغ الانعطافة بعد، ومن ثم، فقد ألغى ببساطة الأمر الذي أصدرته بإدارة عجلة التوجيه.

وحتى هذه الجملة الأخيرة تصور غلطتنا الأساسية. فأنا أقول «يداي»، و«مخي الأيمن»، وكأن كليهما من أملاكي، مثل ملابسي. غير أن الكائن الذي يسمِّى نفسه «أنا» ما هو إلا مغتصب. ذلك أن شقيقه الذي يقطن البيت المجاور له، هو الوارث الشرعي لهذا العرش. وأقول هذا لأن النصف الأيسر-رغم كل أن نيته الساذجة-لا يستطيع أن يحيا بدون الحدوس والاستبصارات التي يتمتع بها النصف الأيمن-وهناك مخلوقات كثيرة في العالم تحيا حياة طيبة بلا لغة، وبلا أفكار. غير أن الحالة المثلى هي حالة

التعاون الوثيق بين النصفين، الأيسر يعامل الأيمن بوصفه مستشارا وناصحا أمينا، لا بوصفه عبيط القرية.

ومن الأمور ذات الدلالة أن المخ الأيسر لديه إحساس قوي بالزمان، على حين أن الأيمن لا يملك شيئا من هذا الإحساس. فهو يتسكع الهوينا واضعا يديه في جيوبه. وليس معنى هذا أن النصف الأيمن يفتقر إلى القدرة على حساب الزمان-بل على العكس، حين تقول لنفسك إنه ينبغي عليك أن تصحو في الساعة السادسة بالضبط، وتفتح عينيك والساعة تدق السادسة، فهذا من عمل النصف الأيمن. غير أنه يأبى أن يأخذ الزمان مأخذ الجو. وهو على حق حين يشعر بالتشكك. ذلك أن النصف الأيسر يتملكه وسواس الزمان على نحو يتسم بالغباء. والحكاية التي يرويها وليم سيبروك william Seabroob عن أليستر كراولي Aleister Crowley توضح هذه النقطة. عندما كان كراولي في جزيرة سيفالو Cephalu، أقبلت نجمة سينمائية تدعى إليزابث فوكس-Eliza beth Fox لزيارته، وكانت في حالة دائمة من التوتر العصبي، فأخبرها كراولي إنه ينبغي عليها البدء في العلاج بشهر تقضيه في التأمل على قمة الصخرة المطلة على البحر. فأفزعتها الفكرة، غير أنها وافقت. وهناك عاشت في كوخ منحدر السطح، يجلب إليها صبي الماء والخبز والعنب كل يوم عند الغروب. وأحست في الأيام الأولى بالضجر، وكانت سريعة الاستثارة. وما أن حل اليوم التاسع عشر، حتى لم تعد تحس بشيء غير السأم. ثم على حين غرة، انتقلت إلى حالة من الهدوء العميق والسكينة، دون أن تراودها أية رغبة في الحركة. وكان ما حدث ببساطة هو أن نصف مخها الأيسر المسيطر-الذي اعتاد الحركة المحمومة التي اعتادتها في هوليوود-أدرك رويدا رويدا أنه يستطيع التوقف عن الجري، ثم تحولت السيطرة إلى النصف الأيمن، بإحساسه باللازمانية والطمأنينة.

الملكة إكس (x) والبصيرة:

الاقتراح المقدم هو أن الزمان من اختراع المخ الأيسر. فالزمان-من حيث هو كذلك-لا يوجد في الطبيعة. فالطبيعة لا تعرف إلا ما أطلق عليه الفيلسوف وايتهد اسم «السيرورة Process أي تعاقب من الأحداث والظواهر المنتظمة والمتصلة. وما تسميه الكائنات الإنسانية بالزمان ليس إلا مفهوما

نفسانيا، وفضلا عن ذلك فإنه مفهوم اخترعه المخ الأيسر.

والآن، فإن المخ الأيسر-كما نعرف-يرى الأشياء في مقولات صارمة والطبيعة لا تعمل داخل مثل هذه المقولات، انظر مفارقة زينو Zeno عن السهم. إذ يكون في كل لحظة حيث يكون، أو حيث لا يكون. إنه لا يمكن أن يكون حيث لا يكون، ولكنه يكون حيث يكون، ومن ثم فهو لا يمكن أن يكون متحركا. ومفارقة أخيل والسلحفاة تعتمد على هذا النوع نفسه من المنطق. غير أن السهم يتحرك فعلا: وأخيل يسبق السلحفاة فعلا، وإن كان ذلك من المحال «منطقيا». ووفقا للمخ الأيسر، لا توجد طريقة منطقية لتحديد ما إذا كان عدد كبير عددا أوليا أولم يكن إلا عن طريق المحاولة والخطأ، غير أن مخ زيراه كولبرن الأيمن حل هذه المشكلة فورا، وعلى هذا النحو نفسه كان مخ بيتر فيرلي الأيمن يعلم مقدما أي الجياد ستفوز في السباق. (ومن الأشياء الدالة أن فيرلي أصيب بالعمي المؤقت مباشرة قبل نمو هذا الاستعداد فيه. ويبدو من المحتمل أن الصدمة كانت مسئولة عن إعاقة عمليات المخ الأيسر المعتادة.

هذه المقالة مكتوبة-بالطبع-في لغة، كما أنها تلجأ إلى مفاهيم، وبالتالي فإن هدفها-إلى حد ما، هو إلحاق الهزيمة بنفسها. إذ كيف أنقل في كلمات فكرة أن الزمان نفسه ما هو إلا مفهوم؟ ويمكن أن تحملنا الأمثلة السابقة-على الأقل-في الاتجاه الصحيح. ذلك أن معظم الناس قد عرفوا كيف «يعرف» الجواب بغتة على مشكلة دون إمعان التفكير فيها. وما من أحد إلا وكانت له تجربة المحاولة جاهدا لتذكر شيء ما، وبعد أن يتركها تتسكع في ذهنه بعد أن يئس من المحاولة-يشعر وكأنما أتى شخص آخر ليطرق على باب المخ الأيسر قائلا: «أهذا هو ما كنت تبحث عنه؟»

وهذا يقودني إلى أهم خطوة في هذا الجدل: إلا وهى أنه ما من أحد إلا وكانت له تجربة الاستبصار الأساسي «للمخ الأيمن»، تلك القدرة العجيبة التي أطلقت عليها، في كتابي «العرافة»، اسم«الملكة إكس» (Faculty X) إنها ببساطة تلك القدرة الغريبة التي تدرك بغتة «حقيقة» «زمان آخر أو مكان آخر. وقد ذكرت في موضع آخر مثل التجربة التي أفضت بارنولد توينبي Arnold Toynbee بالبدء في كتابه «دراسة التاريخ». كان توينبي يجلس عند قمة قلعة ميسترا Mistra في أسبرطة متأملا الأطلال التي تركها سكان

الجبال المتوحشون الذين اجتاحوها عام 1821، حين أدرك فجأة حقيقة ما حدث، وكأن سكان الجبال يتدفقون في تلك اللحظة بالذات-على الأفق ويجتاحون المدينة. ومضى يصف ما يقرب من ست مناسبات أخرى استطاع فيها الخيال التاريخي«أن» يبعث الماضي إلى الحياة «فجأة، ويجعله واقعيا، وانتهى بوصف خبرة شبه صوفية عرضت له أثناء مروره بمحطة فيكتوريا، في لندن، خلال الحرب العالمية الأولى، حين ألفى نفسه «في تواصل، لا مع هذا الحدث أو ذاك من أحداث التاريخ، بل مع كل ما كان، ويكون، وما يأتي به المستقبل».

قال تشسترتون chesterton ذات مرة«نقول شكرا لك حين يناولنا الملح شخص ما، ولكن دون أن نعني ما نقول. ونقول الأرض كروية، ولكننا لا نعني ذلك، حتى مع أن هذه حقيقة.» نحن نعني فقط شيئا ما حين نشعر به شعورا عارما هنا والآن. وهذا هو ما يحدث في ومضات الملكة إكس. فالعقل يستحضر فجأة واقع زمان آخر ومكان آخر، كما أصبح بطل بروست على وعي مفاجئ بواقع طفولته حين تذوق الكعكة التي غمسها في شاي العشب.

الملكة إكس اسم آخر للبصيرة، الومضة المباغتة للفهم، للمعرفة المباشرة. وهي تمكننا من أن ندرك على وجه التحديد كيف يتعاون المخ الأيسر مع الأيمن. وقد أتعلم في المدرسة معادلة رياضية، مثل تلك المعادلات الخاصة بإجراء قسمة طويلة أو استخلاص الجذور التربيعية، غير أنني أستعملها على نحو آلي. فإذا نسيت المعادلة يوما، وكان لابد لي من أن أتوصل إليها، فإنني اكتسب البصيرة بالأسباب التي تكمن وراءها. ولكني قد أنسى بسهولة هذه البصيرة، وأعود مرة أخرى إلى الاستعمال الآلي للمعادلة. المخ الأيسر يتعامل مع سطوح الأشياء، مع الأشكال، والمخ الأيمن يتعامل مع البصائر، مع ما يتوارى تحت السطح. المخ الأيسر وسيلة لتوفير الجهد، وسيلة لتوفير الطاقة-مثلما نستخدم بالضبط فنا بسيطا لتقوية تذكر ألوان الطيف، أو النغمات السود على البيانو. وينتج المخ الأيمن هذا الإحساس المتوهج العجيب بالواقع حين تكون مفعما بالطاقة، ولعل ذلك أن يتأتى لك في صباح يوم من أيام الاربيع وحين تكون مرهقا يتولى المخ الأيسر العمل. والكد الذهني المستمر يمكن أن يولد الحالة التي سماها سارتر «الغثيان»، أي الحالة التي

يستعرض فيها المخ الأيسر العالم، مع افتقاره لكل بصيرة عن معناه-وهنا يكون المخ الأيمن قد تخلى عن مهمته: فيبدو الواقع فجا، خاليا من المعنى.

وهنا نصل من الجدل إلى شطره الأصعب الذي يتأبى على الإدراك. المخ الأيمن هو الذي يعرض علينا «الواقع». على حين لا يعرض علينا المخ الأيسر إلا «الفورية» immediacy، أي ما يحدث هنا والآن. المخ الأيسر «يتفحص بدقة» العالم، أما الأيمن فيضفي المعنى والقيمة. وعيناك اللتان تفحصان الآن هذه الكلمات، تخبرانك فعلا بأكاذيب. ذلك أنهما يعرضان عليك عالما لا واقعيا أساسا بوصفه الواقع الوحيد. أقول «هذا واقعي»، وأنا أدق على المائدة بمفاصل أصابعي، غير أن مفاصل أصابعي ليست إلا «فاحصات» أخرى، مثل عيني.

فإذا استطعت أثناء قراءتك هذه السطور أن تنفذ إلى المعنى الذي أحاول توصيله، فسوف تفعل ذلك بوثبة ذهنية، من الشمال إلى اليمين. وإذا كنت تستطيع أن تقوم بهذه الوثبة، فسوف تكون قادرا أيضا على إدراك كيف استطاع بيتر فيرلي معرفة الجياد الفائزة في سباق لم يحدث بعد، أو كيف استطاع زيراه كولبرن معرفة أن العدد 297, 967, 294, 4 يقبل القسمة على 641. فالأيمن «يفكر»-على نحو ما-رأسيا بأن يقوم بنوع من الوثبة الصاعدة، «لينظر من عل» ببساطة صوب الإجابة. وقد تعترض بأن هذا لا يزال قاصرا عن تفسير كيف يمكن أن «ينظر من عل» على المستقبل. ولكنك لا تسأل هذا السؤال إلا لأنك مازلت تفكر في حدود المخ الأيسر. كيف يمكن في واقع الأمر، أن تمضى للتنبؤ بحادث مقبل مفترضا أن شخصا ما رأى أن من المفيد لك أن تفعل ذلك؟ ستحاول جاهدا أن تجمع آلاف «الاتجاهات» الحاضرة، كما ستحاول تطبيق قانون الاحتمالات عليها. ولأن هناك بلايين كثيرة جدا من الاحتمالات، نقول إن المستقبل أمر لا سبيل إلى التنبؤ به. ويبدو هنا أن المخ الأيمن يعرف على نحو أفضل..

دعني أحاول تلخيص الحجة كما وصلنا إليها حتى الآن. بدأنا باستبعاد «الزمان» بالمعنى الذي توخاه ويلز، ذلك النوع من الزمان الذي يمكن أن تسافر فيه مستعينا بالة للزمان. ومثل «زيم» zyme. هذا الزمان خطأ منطقي. وما يحدث حقا هناك هو عملية سيرورة Process أي تعاقب لأحداث ومن العبث أن يتحدث المرء عن السفر في عملية سيرورة. الزمان بالفعل ساعة

تدق داخل الدماغ-بل وأكثر من ذلك-في جانب واحد من الدماغ فحسب. وحواسنا التي بنيت «لفحص» العالم، تجزئ عملية السيرورة إلى ثوان ودقائق، وتجبرنا على أن نرى العالم في تلك الحدود الجامدة من «التموضع» المكاني والزماني. وكان «كانطKant» على حق تماما حين قال إننا نرى العالم من خلال «مقولات» categories لنتخيل المقولات الكانطية على أنها زوجان سحريان من النظارات المنشورية تضعها فوق أنفك، نظارة تحول كل شيء تراه إلى أغرب الزوايا والأركان. هذا هو المكان والزمان كما تدركهما أمخاخنا.

هذا كله لا يجيب، بالطبع، عن السؤال الأساسي: كيف يمكن التنبؤ بالزمان المستقبل، أي بعملية السيرورة التي لم تحدث بعد. التفسير العلمي الوحيد هو ذلك الذي أشرنا إليه آنفا، التقدير الإحصائي للاتجاهات». ولكن يبدو من الواضح على نحو معقول-أن بيتر فيرلي لم يكن قادرا على تحديد الجياد الفائزة بواسطة هذا المنهج، ذلك لأنه لا يعرف شيئا عن السباق، وبخاصة بالإمكانيات المعقدة التي تمثلها جميع الجياد المشتركة في السباق. ومهما يكن من أمر، فإن التجربة أثبتت أن هذا لا يمكن أن يكون هو التفسير. وقد أجرى الباحث النفساني المعروف س. ج. سول S. G. Soal سلسلة من التجارب على التخاطر telepathy مع رجل يدعى بيزل شاكلتون Basil Shackleton، وأصيب الاثنان بخيبة أمل لأن النتائج بدت سلبية. غير أن النظرة المتروية للنتائج كشفت عن شيء مهم: فقد كان شاكلتون يخمن عن طريق الإدراك الخارج عن الحواس البطاقة التالية التي سيقع عليها الاختيار. وقد تأكد هذا بان استبدل: بالبطاقات صورا للحيوانات: حمر وحشية وزرافات.. وما شاكل ذلك. والآن لم يعد ثمة مجال للشك فلو أن سول كشف عن بطاقة عليها صورة حمار وحشي، وقال شاكلتون (الذي يجلس في الحجرة المجاورة) إنها صورة زرافة، فيكاد يكون من المؤكد أن البطاقة التالية التي سيكشف عنها سول لابد أن تكون زرافة. وقد توصل مجربون آخرون-من أمثال ج. ب. راين J. B. Rhine وتشارلز ثارت Charles Tart... إلى نتائج مماثلة.

وهكذا يبدو وكأننا نواجه حقيقة أساسية: فسواء كان استطلاع المستقبل محالا أم لم يكن، فإنه يحدث بالفعل-التنبؤ الدقيق المفصل للمستقبل-مما يوحي بوضوح أن النظرية «الكانطية» صحيحة أساسا: هناك شيء خاطئ

فيما تخبرنا به حواسنا-والمخ الأيسر-عن العالم.

وكان من الممكن أن أنفق في يسر ما تبقى من هذا الفصل في إثارة مسائل تبين تحديدا كيف تخطئ حواسنا. مثل هذا التناول قد يكون شائقا، ولكني أشك في أن يكون حاسما للغاية. وفضلا عن ذلك، سأقتطع الكثير من وقتي لتلخيص كتاب إدموند هوسرل Edmund Husserl «علم ظواهر الوعي الباطن بالزمان» ThePhenomenology of Internal Time Consciousness وسيكون من الأفضل بالنسبة بهؤلاء الذين يهتمون بالموضوع أن يقرأوه بأنفسهم. و بدلا من ذلك، فلنفترض-في سبيل الوصول إلى البرهان-أن هذا الجز من القضية قد فرغنا من إثباته، أعنى أن هناك خطأ ما في تصور مخنا الأيسر للزمان-ثم علينا أن ننظر عن كثب إلى النصف الثاني من المعادلة: أي تلك القوة العجيبة التي يبدو أنها تمكننا-في ظروف معينة- من التنبؤ بالمستقبل.

وفي كتاب بديع ناصع الأسلوب هو «القضية ضد جونز»-The case agai-nst Jones، يورد جون فيفيان John Vyvyan عن حالتان شائعتان إحداهما عن (التنبؤ) أو استطلاع المستقبل والثانية عن «استطلاع الماضي» retrocognition.

أما الحالة الأولى فتتعلق بقس اسمه الشماس رأي في منامه بوضوح غريب منظرا طبيعيا في إيطاليا: طريقا جبليا، منزلا أبيض، امرأة تحيك ثوبا بالإبر الطويلة وابنتها تنظر حولها وثلاثة رجال يرتدون ميدعات وقبعات مدببة يجلسون إلى مائدة، وكلبا نائما، وثلاثة خراف في حقل.. كان المنظر مفصلا وفي غاية من الوضوح. وبعد أعوام ثلاثة، وكان جارنييه في طريقه إلى روما، توقفت عربته لاستبدال الجياد، وهنا وجد نفسه يتطلع إلى ذلك المشهد نفسه، بكل تفاصيله الدقيقة. «لم يتغير شيء، الأشخاص كانوا أولئك الذين رأيتهم تماما، كما شاهدتهم، يفعلون الأشياء نفسها وفي الأوضاع نفسها، وبالحركات نفسها..

أما الحالة الثانية فتتعلق بالروائي جورج جيسينج George Gissing الذي أصابته الحمى في كروتون Crotone جنوبي إيطاليا. وبعد أن انتابه كابوس وقع في «حالة هلوسة بصرية» أو رؤى بصرية وهمية، رأى فيها سلسلة من الصور عن التاريخ الروماني وقد وصف هذه الصور بتفصيل دقيق، بحيث تتعذر روايتها كاملة هنا لطولها غير أن جيسينج نفسه لم يراوده أي شك

في أنه قد شاهد-على نحو ما-مشاهد واقعية من التاريخ، وليست مجرد صور خيالية. «إن لم تكن الصورة تمثل شيئا واقعيا، فأخبرني من كان يستطيع، وبأية قوة، أن يعيد بناء عالم لا أعرفه إلا على هيئة أطلال متناثرة ويجدد ليعود كاملا غاية الكمال.

ليس هذا بالطبع برهانا على أنه لم يكن خيالا. غير أن ما يستوقف انتباهي في قراءة رواية جيسينج-وعلى سبيل المثال رؤية المذبحة التي ارتكبها هاينبال لألفين من المرتزقة على شاطئ كروتون-هو تماثلها مع «رؤى» توينبي للماضي. ورواية ويلز wells عن وفاة جيسينج في كتاب «تجربة في السيرة الذاتية»-Ex peri ment in autobiography-توضح أن جينسينج شاهد هذه الرؤى مرة أخرى على فراش الموت. وأميل بكل تأكيد-كما يميل جون فيفيان-إلى استنكار أنها كانت مجرد هلوسة. ذلك أن إلحاحه على وضوح المشهد يذكرنا بحلم جارنييه، وكذلك بتجارب جين أونيل والانستين موبرلي وجوردان.

ولقد قمت بصياغة نظريتي عن الملكة إكس في كتابي «العرافة» (1971). غير أنني استخدمت هذا المفهوم في الفن القصصي قبل ذلك بأربعة أعوام، وذلك في رواية اسمها «حجر الفلاسفة» The Philosophers Stone-تدور أساسا حول هذه الفكرة عن «السفر في الزمان العقلي». وفي هذه الرواية افترضت أن الفصين الأمامين للجبهة Pre-Frontal lobes من المخ (ولم أكن أعلم حينذاك الدور الذي يقوم به كل من المخ الأيمن والمخ الأيسر) يرتبطان على نحو ما بالتجربة «الشعرية:< شعور وردزورث Wordsworth أثناء طفولته بأن المرج والأيكة والجدول «كانت متلفعة بالضياء السماوي». ما من أحد يبدو على يقين من الغرض الحقيقي المحدد للفصين الأمامين للجبهة، ولكننا نعرف انه حين يصاب هذان الفصان بالتلف عند البالغ فإننا نلحظ اختلافا طفيفا في أدائه لوظائفه، فيما عدا أنه يصير أشد غلظة. أما في الأطفال فالأمر على العكس إذ أن تلف هذين الفصين يسبب هبوطا واضحا في الذكاء: وهذا معناه أن الأطفال يستخدمون الفصين الأمامين للجبهة في المخ. أيمكن أن يفكر هذا لماذا يشعر الأطفال «بروعة الحلم ونضارته»، على حين أن البالغين يعيشون في عالم أشد كآبة-بمعنى أن الراشدين قد كفوا عن ممارسة وظيفة الرؤى البصرية التخييلية للفصين الأماميين للجبهة في المخ.

وفي رواية «حجر الفلاسفة» افترضت إجراء عملية للمخ يمكن بها

استرداد «روعة الفصين الأمامين للجبهة ونضارتها». وكل من تجرى له هذه العملية يشعر بنوع من الكشف Revelation إذ يصبح العالم حيا، مثيرا، فاتنا إلى ما لانهاية، مكانا «للسحر» الدائم.

والغرض الأساسي هنا هو أن الذهن العقلاني، وأقصد به المخ الأيسر- تقع عليه مسئولية بلادة الوعي اليومي، بما يصاحبها من إحساس بالتفاهة والعبث. غير أن البلادة والعقلانية ضروريان إذا كان لنا أن نتصدى لتعقيدات الحياة الراشدة، ولكننا ننسى على نحو ما، الواقع الذي يكمن وراء أنساقنا التجريدية. ولما كانت حيويتنا تتغذى على الإحساس بالواقع-والغرض-فإن هذا النسيان يسب ذبولا تدريجيا لملكة جوهرية هامة على نحو ما يسبب العمى نسيانا تدريجيا لواقع اللون. والعملية الجراحية التي تجرى لمقدم الجبهة في المخ تعالج هذا النسيان، وتوجد إحساسا هائلا مباغتا بالغرض من الوجود الإنساني.

ومن المشاهد المحورية في الرواية ذلك المشهد الذي يقع أثناء جلوس البطل في حديقة ستراتفورد، متنعما بالسلام والسكينة، ومستمتعا بذلك الإحساس من اللازمانية الذي خبرته إليزابث فوكس بعد شهر من التأمل قضته في جزيرة سيفالو. وألفى نفسه يتساءل في تكاسل عما كان عليه منظر هذه الحديقة في عصر شكسبير ثم أدرك فجأة أنه يعرف الجواب، وأن لديه الملكة التي يمكن أن تنبئه تماما بما يريد أن يعرف وفي أثناء كتابتي لهذا المشهد، استرعى انتباهي-بوصفه أمرا جليا تماما-أن الإنسان إذا استطاع أن ينسحب إلى حالة من السكينة العميقة للغاية فإن هذه الأسئلة جميعا تصبح قابلة للإجابة. ومع ذلك كنت على وعي تام بأن «البصيرة» تتعامل فقط مع المسائل التي تتسم بطبيعة منطقية، لا مع تلك التي تنطوي على تفصيلات وجزئيات خاصة أو مزاعم (وعلى سبيل المثال لا يستطيع أي قسط من البصيرة أن يخبرني عادة باسم الجدة الكبرى لكليوباترة: فلا مناص لي من الرجوع إلى كتب التاريخ).

وعندما فكرت في هذه المسألة، بدا لي أن الجواب يكمن في شيء نعرفه بطريق الحدس عن أحوال السكينة العميقة. وهذا «الشيء» من المحتمل أن يكون الفكرة التي ناقشتها آنفا فيما يتصل ببوكانان والتكهن النفسي: أعني الشعور بأن العالم يحتوي على قدر لا متناه من المعلومات.

وبأننا نمتلك الحواس التي تتيح لنا استخدام هذه المعلومات، وإن كنا نادرا ما نستخدمها. فإذا كان التكهن النفسي فعالا، وهناك مجموعة من الشواهد التجريبية المقنعة بأنه كذلك-فلابد أن يكون هذا لأن الموضوعات تسجل على نحو ما كل ما حدث لها. غير أننا قد لاحظنا فعلا أن أمخاخنا تسجل أيضا كل ما حدث لنا. وعند هذه النقطة ينبغي أن نلاحظ، أنه أيا كانت كثرة المعلومات التي نستطيع التوصل إليها، فإننا لا نستطيع أن نستخدمها إلا بمراجعتها مراجعة دقيقة على المعلومات التي بداخلنا (وعلى سبيل المثال، إذا واجهت إنسانا سيارة معطلة، وكان هذا الإنسان لا يعرف شيئا عن السيارات، فإنه سيقف أمامها عاجزا حتى لو كان لديه مرجع ضخم عن السيارات، ذلك لأنه قبل أن يستطيع استخدامه يحتاج إلى معلومات أساسية معينة عن السيارات داخل مخه) ولكن بهذا القدر اللامتناهي من المعلومات التي توجد خارجنا، وبشيء شبيه بهذا القدر اللامتناهي داخلنا، نملك الضروريات الأساسية للإجابة عن كل سؤال تقريبا.

مازلت غير متأكد بحال من الأحوال من أن هذا «الإطار الأساسي» هو الإجابة. كيف يمكن-على سبيل المثال-أن تفسر شيئا حدث لموسيقي من أصدقائي هو مارك بريدين Mark Bredin-أثناء سفره عائدا في وقت متأخر من الليل بسيارة أجرة في طريق بييز ووتر؟ فقد أحس فجأة عن يقين بأنه عند إشارة المرور الضوئية التالية أي عند كوينزواي سوف تتجاوز سيارة أجرة الأضواء وتصطدم بسيارتهم من الجانب وكان من العبث أن يربت على كتف السائق قائلا: «أرجو المعذرة، ولكن...» ومن ثم، لم يقل شيئا. وعند إشارة المرور الضوئية التالية تجاهلت سيارة أجرة الضوء الأحمر، وأصدمت بجانب سيارتهم.. أيكون هذا ضربا من الإدراك فوق الحسي الذي أخطره باقتراب سيارة الأجرة من «كوينزواي» بسرعة معينة، وأن السائق نافد الصبر سيصل في اللحظة الذي تحولت فيه الإشارة إلى الضوء الأحمر؟

كل ما يبدو واضحا بالفعل هو أن بريدين كان متعبا ومسترخيا للغاية، ولكنه، بعد اشتراكه في حفلة موسيقية-كانت حواسه مازالت متيقظة. وكانت الآلة الهادرة الكبرى للوعي اليومي بكل ما تملكه من معلومات لا لزوم لها، قد أدير المفتاح الذي يوقف عملها، ومن ثم، كان يستطيع أن يعي بعض موضوعات المعرفة التي لا تدرك في الحالة السوية.

سلم من الذوات (جمع ذات):

كان ذلك بعد أن فرغت من كتابي «العرافة»، وأثناء اشتغالي بكتابي «أسرار»، أصبحت مدركا أن المشكلة ربما تعقدت بسبب عامل آخر. ذلك أن اكتشافي أنه كان من الممكن أن استخدم عصا الاستنباء، إذ كانت تستجيب بقوة وفاعلية في منطقة الصخور القديمة العمودية، جعلني هذا كله أعي بوضوح هذا «الآخر» مني، هذا «اللا أنا» الذي يحيا في النصف الأيمن من المخ. كما تزايد اهتمامي بالعمل الذي قام به ذلك الرجل الممتاز الراحل توم ليثبريدج Tom Lethbridge، عميد كامبردج المتقاعد الذي درس استخدام البندول في الاستنباء بحثا عن المواد المختلفة. فبعد تجارب شاملة، استنتج ليثبريدج أن البندول يتجاوب-بأطوال مختلفة-مع كل مادة معروفة في عالمنا، أي أن بندولا طوله 14 بوصة بين يدي منقب ماهر سوف يدور حول محوره دورات قوية فوق الرمال، على حين أن بندولا طوله 25 بوصة يمكن أن يكشف عن وجود معدن الألومنيوم. غير أن ليثبريدج بعد أن أكد هذا عن رضى وارتياح-أصابته الدهشة حين اكتشف أن البندول يمكن أن يتجاوب-بنفس الدرجة من اليقين-مع المشاعر والأفكار، أي أن بندولا طوله عشر بوصات يتجاوب مع التفكير في النور أو الشباب، على حين أن بندولا طوله 29 بوصة يتجاوب مع الشعور بالخطر أو مع الإحساس باللون الأصفر. وبدا أن هذا يرتبط بظاهرة محيرة أخرى، شاهدتها أنا بنفسي: هي استنباء الخرائط. قد يبدو هذا أمرا منافيا للعقل، غير أن بعض المنقبين قادرون على تحديد موقع أي شيء يبحثون عنه على الخريطة وكأنهم ينقبون فوق المنطقة الفعلية من الأرض. وقد وصف الأستاذ«جود» Joad، وهو شكاك عنيد-في برنامج «مجمع العقول» Brains Trust كيف شاهد منقبا للخرائط يتقصى بدقة كل جداول الأنهار على خريطة أزيلت من عليها تلك الجداول. وقد رأيت منقبا للخرائط هو «بيل لويسBill Le-wis» يتتبع بدقة مسار ماسورة مياه ممتدة تحت الأرض على رسم تخطيطي لخريطة رسمته زوجتي.

وعند هذه النقطة أمسيت مفتونا بظاهرة أخرى لا تقل عن ذلك غرابة هي «تعدد الشخصية». فهناك عشرات من الحالات المسجلة لمرضى يتقمصون سلسلة من الشخصيات المختلفة تماما، وينسلخون عنها. ومن أوسع هذه الشخصيات انتشارا الشخصية التي وصفها كتاب «وجوه حواء

الثلاثة The Three Faces of Eve». وفي كتابي «أسرار» وصفت بالتفصيل الحالات التي لا تقل عن هذا غرابة لكريستين بوشامب ودوريس فيشر. وفي كتاب «سيبيل» Sybil لمؤلفته فلورا شرايبر Flora schreiber وصفت حالة فتاة تلبست ست عشرة شخصية مختلفة. مثل هذه الحالات تبدو بالفعل أشبه بحكايات قديمة عن «التلبس الشيطاني». ذلك أن الشخصية المقيمة- إن صح هذا القول-تطرد فجأة من الجسم، لتحل محلها شخصية غريبة. وعندما تعود «الشخصية المقيمة»، فإنها ـ(أنثى كانت أو ذكرا) لا تتذكر ما حدث خلال تلك الفترة.

إن ما استرعى اهتمامي في مثل هذه الحالات هو أن تلك الشخصيات المتباينة تتبع ترتيبا تصاعديا محددا، بحيث تكون أقوى شخصية في القمة، والأقل قوه تأتي تالية للقمة، وهكذا دواليك. (وتكون «الشخصية المقيمة» عادة في منتصف السلم) وفضلا عن ذلك، فإن شخصية«القمة» تعرف كل شيء عن الشخصيات التي تحتها، والشخصية التالية تعرف كل شيء عما تحتها، ولكنها لا تعرف شيئا عن الشخصية التي فوقها. وهكذا تمضي العملية بحيث أن آخر شخصية في القاع لا تعرف إلا ما يخصها (ذكرا كانت أو أنثى).

واستوقفتني أيضا ملاحظة مهمة أخرى. ففي كثير من الحالات تكون شخصية «القمة» أنضج وأكثر اتزانا على نحو لم يتأت للمريض نفسه. وعلي سبيل المثال، كانت ابنة عم يونج Yung تعاني من مثل هذه الحالة-وقد كانت فتاة مراهقة، ومع ذلك كانت شخصية «القمة» عندها هي امرأة ناضجة، يزيد عمرها-على الأقل عشر سنوات عن تلك الفتاة.

وفي عام 1973 أوحت إلى تجربتي عن «نوبات الفزع» الناشئة عن التوتر والإرهاق في العمل-أوحت إلى ببصيرة أخرى: أننا جميعا شخصيات متعددة أساسا، وإن كانت الكائنات البشرية التي تتمتع بالاتزان، لا تقوم الشخصيات الأخرى فيها بخلع الشخصية المقيمة من مكانها أبدا بالفعل. وفي «نوبات الفزع» التي أصابتني، وجدت أنني أستطيع أن أكتسب قدرا من التحكم باستدعاء ما يبدو أنه مستوى أعلى من وجودي، نوعا من «الأنا العليا». وأفضى بي هذا إلى التساؤل عن عدد الموجود من «أنواتي العليا»، وعما إذا كان حل بعض أسرار القوى الخارقة-مثل استطلاع المستقبل يكمن في هذا

المستوى الأعلى من «نفسي». أو باختصار، عما إذا كان العقل يملك-كما افترض آلدوس هاكسلي ذات مرة مستودعا في القمة للشعور الأعلى كما يملك العقل بنية دنيا للشعور التحتي-وأن عقل منطقة الشعور الأعلى لا ندركه مثلما لا ندرك ما تحت الشعور. ويبدو أن تصوري الخاص عن «سلم الذوات أو الأنفس يوحي بتعدد الطوابق في ذلك المستودع.

وشرع ليثبريدج في صياغة نظرية مماثلة لتفسير الدقة التي يتسم بها بندوله: وهي أن هناك شطرا من العقل يعرف الجواب على هذه الأسئلة ولكنه لا يستطيع توصيلها إلا عن طريق غير مباشر. ويبدو هذا بالطبع أشبه بنصف المخ الأيمن، منه«بعقل الشعور الأعلى». ولكن قد يكون النصف المخي الأيمن عندئذ هو «مستقر» عقل الشعور الأعلى، إن كان لمثل هذا العقل وجود.

ونحن جميعا على وعي بالطبع بأننا ننمو وفق سلسلة من الأشخاص المختلفين في مسيرة حياتنا. غير أننا نقول إن هذا «ليس سوى أسلوب في الحديث فحسب». أهي كذلك، حقا؟ بعض الناس يعانون تحولا تاما في الشخصية حين يجلسون وراء عجلة القيادة في سيارة، إذ يشعرون وكأن «ذاتا» أخرى أكثر جرأة ونفاد صبر قد تملكت جسومهم. والشخص الذي يقدم على ممارسة الحب لأول مرة قد يجد نفسه (أو نفسها) «مأخوذا» بذات أخرى سيطرت عليه ولها أغراضها البيولوجية الخاصة بها، ويصبح (أو تصبح) فجأة واثقا من نفسه مسددا إلى هدفه على نحو غريب. والأم التي تحتضن طفلها لأول مرة تجفل حين تشعر أن بداخلها نوعا من الأم البدائية تضطلع باستجاباتها وفكرها..

يقودني هذا إلى التفكير في أننا قد نكون بدأنا الحياة جميعا بوصفنا سلسلة كاملة من الذوات، مطوية في كبسولات مثل تلك الزهور اليابانية المصنوعة من الورق، تنتظر اللحظة المناسبة للتفتح، والمرأة التي لن تصير أما أبدا، لن تسمح لتلك الذات الخاصة بأن تدخل عالم الأحياء أبدا. ومع ذلك فإن القس الذي تحول إلى قديس قد يسمح«لذوات» أخرى أكثر علوا أن تتفتح، على حين تظل بقيتنا من الناس حبيسة محصورة في روتين الكسب والإنفاق ولعل إنسانة مثل الملكة إليزابث أو فلورنس نايتنجيل Florence Nightingall قد حرصت على تنمية مناطق من وجودها تبقى لاشعورية في

حياة ربة المنزل القانعة.

كل هذا يبدو أنه يقدم لنا تفسيرا ممكنا لتجربة آلان فون حين طرد «زد Z» «روح» نانتاكت Nantucket من رأسه. ومن الجلي أنه شعر براحة هائلة لا حد لها، وبهجة غامرة، أيكون هذا قد رفعه-كما هو الحال، إلى درجة أعلى في «سلم الذوات» ؟ ذلك أن ثمة شيئا واضحا تمام الوضوح: هو أننا كلما أحسسنا بأننا «أكثر انخفاضا»، كنا أكثر خضوعا للزمان. ففي بداية رحلة بالقطار، قد أشعر بدرجة من التركيز والاستغراق بحيث أستطيع ببساطة النظر من النافذة، وتجربة كل أنواع الاستبصارات والأحاسيس الشائقة. وقد أشعر فيما بعد أنني أقل استغراقا، غير أنني أستطيع مع ذلك أن أجد متعة في كتاب. فإذا كانت الرحلة مسرفة في الطول، وتعطل القطار، وأحسست بالجوع والبرد، فإن كل تركيزي يتلاشى، ويجر الزمان أذياله الآن في بطء «كالأفعى الجريحة». وكلما أمسيت أقل استغراقا، كان مرور الزمان أبطأ إذن يبدو من المعقول أنني إن استطعت أن أصل إلى مستوى جديد تماما من البهجة والتركيز، فسوف يختفي الزمان بالفعل. وفي مثل هذه الحالة قد أعرف جيدا ما يدور في عقول الآخرين، وربما عرفت المستقبل. وعلى كل حال، يبدو واضحا أن الزمان النفساني يرتبط ارتباطا وثيقا بقدرتنا على التحكم في أحوالنا الباطنة. ويبدو من المحتمل أن شخصا حقق مستوى كاملا من التعاون بين نصفي المخ الأيمن والأيسر، بدلا من سوء التفاهم والاضطراب الحالي المتبادل-يصبح قادرا على إبطاء الزمن أو زيادة سرعته كما يشاء. ومن ثم فأيا كان ما نعرفه أو ما لا نعرفه عن الزمان، فهناك شيء واحد يبدو مؤكدا: هو أن الفهم المتزايد لقوانا الكامنة يجلب مزيدا من الاستبصار في طبيعة الزمان. وسوف نكتشف أن آلة الزمان التي تخيلها ويلز هي العقل البشرى نفسه.

تذييل

ما هي النتائج العامة التي يمكن أن نصل إليها من خلال هذا العرض؟ يقول القديس أوغسطين St Augustine عن الزمان: «عندما لا أسأل السؤال، فأنا أعرف الإجابة»، وهذا تعليق يصبح معناه واضحا تماما في ضوء ما نعرفه عن الجانبين الأيمن والأيسر من المخ، ذلك أن طبيعة الزمان يمكن أن

ندركها بالحدس غير أنها تفلت من الفكر. وكان مؤلف كتاب«سحابة اللامعرفة» The cloud of unknowing يشير إلى شيء مثل هذه النقطة حين قال: «بالحب يمكن أن ندرك الخفي عنا ونعرف حقيقته، أما بالفكر فلا سبيل إلى ذلك أبدا.» ولكن إذا كانت المعرفة بالمقولات لا تسمح لنا بالتحدث إلا قليلا عن طبيعة الزمان-أو المكان لهذا السبب نفسه-فإنها تسمح لنا على الأقل بلمحة نلقيها على جواب بعض المشكلات التي شغلت الفلاسفة المحدثين ابتداء من كيركجور Kierkegaard «لى سارتر Sartre وهيدجر Heidegger. وأغلب المفكرين الوجوديين ينظرون إلى مشكلة الزمان بوصفها جزءا من مشكلة الوجود نفسه. ذلك أن المشكلة الرئيسية في نظر الوجودية هي مشكلة اللامعقولية أو (العبث)، انتفاء المعنى الظاهري للوجود الإنساني. من أنا؟ وماذا أفعل هنا؟ وتساءل كيركجور: «ما هو هذا الشيء المسمى بالعالم؟... من ذلك الذي أغراني بولوج هذا الشيء، وهو الآن يتخلى عني هناك؟ كيف جئت إلى العالم؟... لماذا لم أستشر...؟ وإذا كنت مجبرا على الاشتراك فيه، أين الموجه؟ أود لو رأيته». وأشد الأشكال تطرفا لهذا الإحساس بالعبثية نلمسه في رواية «الغثيان» لسارتر، ففيها الإحساس بالنفي الذي يمارسه ضدنا الواقع الغفل للأشياء. غير أنني بينت آنفا أن هذا النفي ما هو في جوهره إلا رد فعل المخ الأيسر تجاه العالم. وهذا ما يحدث أيضا لو بدأت التفكير في فعل تقوم بأدائه عادة بدافع من الغريزة-وتستطيع أن تنتزع راميا جيدا للسهام من لعبته إذا قلت له: «كيف تمسك بالسهم حين تقذف به؟ «المخ الأيسر يعزل نفسه، إن صح هذا التعبير ويضع الأيمن بعيدا عن مجال ضربته. ويصبح العالم كما يراه المخ الأيسر «مغتربا» enated-ali. وهذا الاغتراب يتسبب فيه انفصاله عن الأيمن، بعملياته الحدسية. غير أن المخ الأيسر لا يفطن إلى أنه صار منفصلا، فهو ينظر إلى نفسه باعتباره «أنا»، الذات، ولا يستطيع أن يتخيل أنه ناقص إلى حد ما بدون مساندة «الأنا» الخفية الأخرى. ومع ذلك، وبسبب سوء التفاهم هذا، يجد نفسه وحيدا في كون لامعقول، يؤرقه هذا السؤال:«من أنا؟» والإجابة الصحيحة هي ذات ناقصة، العقل الجزئي.

وينطوي هذا على استبصار مهم آخر: هو أن حياتنا الحدسية تبدو أنها مؤسسة على إحساس بالأمن والقيمة. وقد تحدث وليم كيميل-William

Kim mel عن مشكلة الإنسان الحديث بوصفها «اغتراب الكائنات عن مصدر القوة والمعنى والغرض». هذا الاغتراب-كما رأينا-هو أساسا سوء التفاهم الذي يقع فيه المخ الأيسر. ويبدو أن «مصدر القوة والمعنى والغرض» يرتبط على نحو ما بالوعي الحدسي الذي يتمتع به المخ الأيمن. ويطلق عليه الكاتب المسرحي هارلي جرانفيل باركر Harley Gyranville Barker اسم «الحياة الخفية» وأوضح أنها ينبوع الغرض الكامن في كل إنسان.

صفوة القول، قد يبدو أن إحدى مشكلاتنا الأساسية هي نهجنا العقلاني، المخي الأيسر، في تناولنا لمشكلاتنا الأساسية، بما فيها المشكلة موضوع هذا الكتاب الأوهى الزمان. أيعني هذا أن كل المحاولات للتفكير في مثل هذه المشكلات مالها الإخفاق؟ كلا، لحسن الحظ، مادام التفكير يتطلب الحدس كما يتطلب التحليل العقلي. والمشكلة ببساطة هي الاعتراف بأهمية دور الحدس، والاحتراس من إعاقة نموه بالعقلنة الرعناء. ومن اليسير أن نرى-على سبيل المثال-أن بروست Proust كان يمكن أن ينفق أياما مفكرا في طفولته حين كان في كومبريه Combray دون تلك الكثافة المفاجئة للاستبصار الذي تسببت فيه قطعة الحلوى الصغيرة (مادلين) المغموسة في الشاي. حادثة المادلين هذه كشفت عن أن هناك نهجا آخر هو المطلوب، نهجا أفضى إلى كتابة «البحث عن الزمن الضائع». وأدت بصيرة بروست إلى أن ينصرف عن المنهج العقلي الاستدلالي الذي كان أساسا لعمله المبكر، وأن يقدم على محاولة التطوير المباشر «للملكة إكس». أما انه لم يحرز نجاحا في هذا المحاولة، فأمر خارج عن موضوعنا . إنما المهم هو أنه اثر نهجا أتاح له أن يقول شيئا شائقا وصحيحا عن طبيعة الزمان.

وحري بنا أن نحذو حذوه.

كولن ولسون

المؤلفون

ر. س. بورتر

الحاصل على ماجستير في الفنون ودكتوراه في الفلسفة مدير الدراسات في التاريخ وفلسفة العلم بكلية المسيح Christ's College، جامعة كمبردج، ومدير قسم دراسات التاريخ في كلية تشرتشل، كمبردج، وعميد كلية تشرتشل، كمبردج. فضلا عن نشر العديد من الأبحاث، والمقالات علاوة على كتبه التي منها, 1815- 1660 :Making of Geology: earth science in Britain (1977. كما حرر كتاب «وليم هوبز William Hobbs's The Earth Generated and Anatomized واشترك مع الدكتور ل ن ج. جوردانوفا-Jor L.J. danova في تأليف كتاب «صور الأرض» ويكتب حاليا «التاريخ الاجتماعي لإنجلترا في القرن الثامن عشرة».

رتشارد نوكس

مهندس مدني وبعد أن حصل على مؤهل مهندس كهربائي مجاز قانونا، عاد إلى طموحه المبكر ككاتب علمي وظل عدة سنوات محررا للمقالات في المجلة الكهربية Electrical review، وهي المجلة الأسبوعية البريطانية الرئيسية في الصناعة الكهربية، وقد شغل حديثا منصب محرر المجلة الدولية النووية الهندسية Nuclear Engineering International. وبالإضافة إلى مقالاته التي لا حصر لها عن العلم الهندسي، كتب أيضا في مجال اهتمامه الذي لازمه طيلة حياته وهو علم الفلك، في كثير من المطبوعات: وكتبه الثلاثة عن هذا الموضوع هي: تجارب في الفلك للهواة (1975)؛ «اكتشف السماء بتلسكوب وآلة تصوير» (1976) و«أسس علم الفلك: من الانفجار العظيم إلى الثقوب السوداء» (1979).

كريس مورجان:

بكالوريوس في العلوم، حصل على درجته في الاقتصاد من جامعة لندن،

انضم بعدها إلى واحدة من أكبر شركات بريطانيا الصناعية. وبعد أن ارتقى إلى منصب المدير التنفيذي للمشتريات، قرر الاستقالة لكي يتفرغ للكتابة. وظل زهاء عقدين يجمع مكتبة ضخمة عن الخيال العلمي، و«حقائق» العلم والنظر العلمي من الماضي؛ ونشر عددا من قصص الخيال العلمي. وكتابه الأول هو: «إنسان المستقبل: مزيد من التطور للجنس البشرى» (1980).

إي. د ا بليو. فيبس:

بكالوريوس علوم، حصل على درجته في الكيمياء الحيوية من كلية إكستر، جامعة أكسفورد، ويعمل حاليا كاتبا لشركة صيدلانية بريطانية. واهتماماته الخاصة تنصب على الموضوعات العامة للكيمياء الحيوية، وعلم النفس الحيواني وحاسبات النظم-الصغيرة. ويقوم حاليا بتأليف كتابه الأول الذي يتصل اتصالا وثيقا بهذه الاهتمامات الخاصة وعنوانه: «الخلود: البحث مستمر»

إيين نيكلسون:

بكالوريوس علوم، وهو محاضر في علم الفلك بكلية هاتفيلد للفنون التطبيقية. وقد ذاعت شهرته بوصفه كاتبا في الفلك وعلوم الفضاء: وتشمل كتبه «الفلك: معجم عن الفضاء والكون: (1977)، وكتابا لقي قبولا استثنائيا هو «الطريق إلى النجوم» (1978)، وكتابا بالتعاون مع باتريك مور هو«الثقوب السوداء» في الفضاء (1974). ويعمل حاليا في عدة مشروعات تتضمن كتابا عن «الجاذبية، والنسبية والثقب الأسود كان من المقرر أن ينشر في 1980.

برايان جون

ماجستير في الفنون، ودكتوراه في الفلسفة، كان طالبا في كلية يسوع، جامعة أكسفورد، وأثناء دراسته كان مرشدا مشاركا للرحلات الجامعية الاستكشافية إلى أيسلندا (1960) وشرق جرينلاند (1962) ومع عملية المسح البريطانية للقطب الجنوبي أمضى صيف 1965-966 ا في آنتاركتيكا (قارة القطب الجنوبي) مشاركا في بحث يتعلق بالغطاء الجليدي والتغيرات التي

تطرأ على اليابسة وعلى مستوى البحر في جزر شتلان وعند عودته إلى المملكة المتحدة انضم إلى قسم الجغرافيا بجامعة درهام، واستقال منه عام 1977 للتفرغ للكتابة وتأسيس شركته الصغيرة الخاصة للنشر. وكتب لشركات نشر أخرى كتبه: يمبرو كشاير (1976)، والأنهار الجليدية و المنظر الطبيعي (بالاشتراك مع ديفيد سجدن؛ (1976)، العصر الجليدي: في الماضي والحاضر (1977)، و«عالم الجليد» (1978)، وقام بتحرير«شتاءات العالم».

كولن ولسون:

اشتهر على نطاق عالمي بين يوم وليلة بنشر كتابه الأول«اللامنتمي» عام 1956. وتضم رواياته العديدة «طقوس في الكلام» (1960)، «على غير هدى في سوهو» (1961)، عالم العنف (1963)، «رجل بلا ظل (1963)، «القفص الزجاجي» (1967)، «طفيليات العقل (1967)، «حجر الفلاسفة» (1971)، «إله التيه» (1970)،«قضية مقتل الطالبة» (1974)، و «مصاصو دماء الفضاء» (1975). أما مسرحياته فهي «فاصل موسيقي فيينآوى (1960) سترنبرج (1970)، «أسرار»(1979). وتضم أعماله غير الروائية، بغض النظر عن اللامنتمي-موسوعة جرائم القتل بالاشتراك مع بات بتمان؛ (1961)، «أصول الدافع الجنسي» (1963)، «ما وراء اللامنتمي: فلسفة المستقبل»، «الجنس والمراهق الذكي»(1966)، «مدخل للوجودية الجديدة» (1967)، «سجل قضايا جرائم القتل» (1969) «الشعر والتصوف(1970)، الغيبيات (1971)، طائفة السفاحين (1972)، «العرافة» أسرار ، (1978).

المترجم في سطور:

فؤاد كامل

* خريج قسم الفلسفة بآداب القاهرة عام 1949.

* عمل بالإذاعة المصرية-عام 1954 مذيعا-محررا ثم «رئيس دورة» بقسم الأخبار ثم مديرا للبرنامج الثاني ثم مديرا للبحوث والمعلومات بالإذاعة.

* ترجم العديد من الكتب والأعمال الأدبية، منها:

رواية «قدر الإنسان» لأندريه مالرو، ورواية «الأمل» لنفس المؤلف وحصل عن ترجمتها على جائزة الدولة التشجيعية للترجمة عام (1969- 1970)- «الله في الفلسفة الحديثة»، جيمس كوينز-«المذاهب الوجودية»، ريجيس جوليفيه-«الفلسفة الفرنسية من ديكارت إلي سارتر»، جان فال-«العزلة والمجتمع» و «الحلم والواقع» لنيقولا بردياثيف.

* من الكتب المؤلفة: «أندريه مالرو شاعر الغربة والنضال».

المراجع في سطور:

شوقي جلال

* تخرج في كلية الآداب جامعة القاهرة عام 1956.

* أسهم بكتابة العديد من الدراسات منها: «التراث والحداثة في ضوء تجربة اليابان مقارنة بالصين» و«إشكالية الترجمة والنهضة في العالم العربي».

* ترجم للمكتبة العربية أكثر من سبعة عشر كتابا.

* حصل على جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي عام 1985.

* عضو لجنة قاموس علم النفس بالمجلس الأعلى للآداب والعلوم والفنون بالقاهرة.



إرتقاء القيم

دراسة نفسية

تأليف: د. عبد اللطيف خليفة

هذا الكتاب

ما الزمان؟ هل للزمان تاريخ؟ كيف كان الإنسان البدائي يفهم الزمان؟ هل الأفكار التي تتعلق بالزمان فطرية أم مكتسبة؟ هل كانت واحدة بين شعوب العالم أو كان لكل شعب مفهومه الخاص عن الزمان؟ وكيف تطورت أفكارنا عن الزمان؟ هل الزمان موضوعي، أم هو مجرد تصور عقلي؟ وكيف ارتبط تطور الزمان بتطور أجهزة قياس الوقت: من المزولة الشمسية إلى الساعة الذرية؟ وما معنى الزمان الذاتي المعاش وهل الزمان مطلق كما قال نيوتن، أو هو نسبي، كما ذهب إلى ذلك آينشتين؟ هل هو دائري أم ذو اتجاه واحد؟ كيف ظهر أول تقويم سنوي؟ وكيف تطورت التقاويم السنوية حتى استقرت على التقويم الحالي؟ ما معنى «الآن» في النظرية النسبية؟ وهل يختلف من راصد إلى آخر؟ هل هناك «ساعة بيولوجية» مستقر« في الكائنات الحيوانية والنباتية؟ ما معنى «زمان الجسم» وهل هو حقيقة واقعة؟ وما معنى الإيقاعات الحيوية التي تخضع لها الكائنات الحية؟ كيف أصبح الزمان بعدا رابعا للأشياء في نظرية النسبية: العامة والخاصة؟ ما عمر الأرض؟ وما عمر الإنسان؟

هذه الأسئلة وكثير غيرها تغطي بانوراما علمية وفلسفية رحبة الآفاق ويشارك في الإجابة عنها لفيف من العلماء والمفكرين المتخصصين منهم: المؤرخ والفلكي، والبيولوجي، والفيزيائي، والجيولوجي، والفسيولوجي والمفكر النفساني.